

RELACIÓN DE TÍTULOS

CIENCIAS EXACTAS

Atlas de Matemáticas (Análisis + Ejercicios)
Atlas de Matemáticas (Álgebra + Geometría)
Atlas de Física
Atlas de Química
Atlas de Prácticas de Física y Química

CIENCIAS COSMOLÓGICAS

Atlas de Geología
Atlas de Mineralogía
Atlas de la Naturaleza
Atlas de los Fósiles
Atlas de la Arqueología

CIENCIAS NATURALES

Atlas de Zoología (Invertebrados)
Atlas de Zoología (Vertebrados)
Atlas de Parasitología
Atlas de Biología
Atlas de Botánica

CIENCIAS PURAS

Atlas del Átomo
Atlas de la Astronomía
Atlas de la Meteorología
Atlas de la Microscopia
Atlas de la Informática

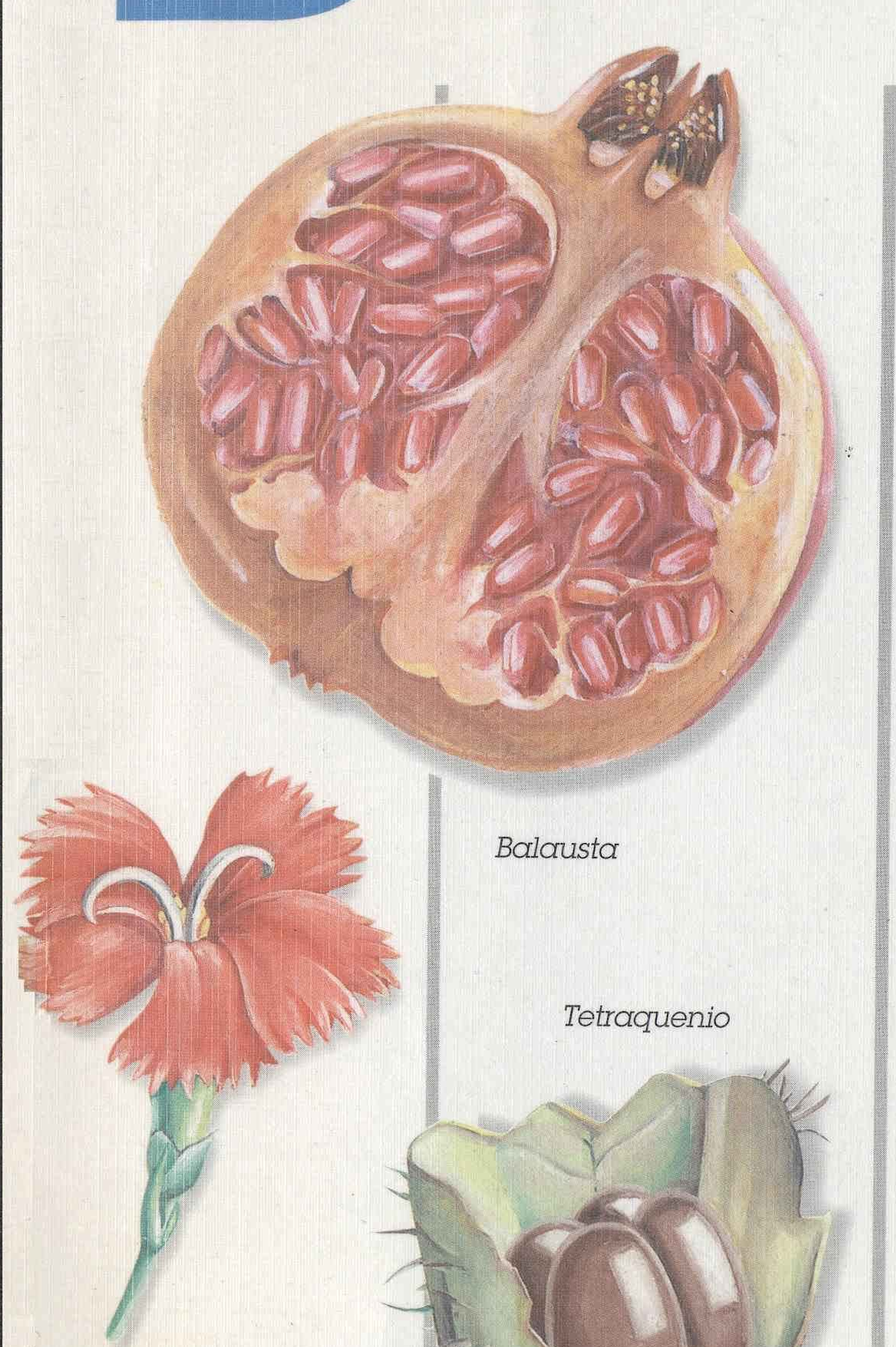
ANATOMÍA

Atlas de Anatomía Animal
Atlas de Anatomía Humana
Atlas del Cuerpo Humano
Atlas del Hombre
Atlas de la Cirugía

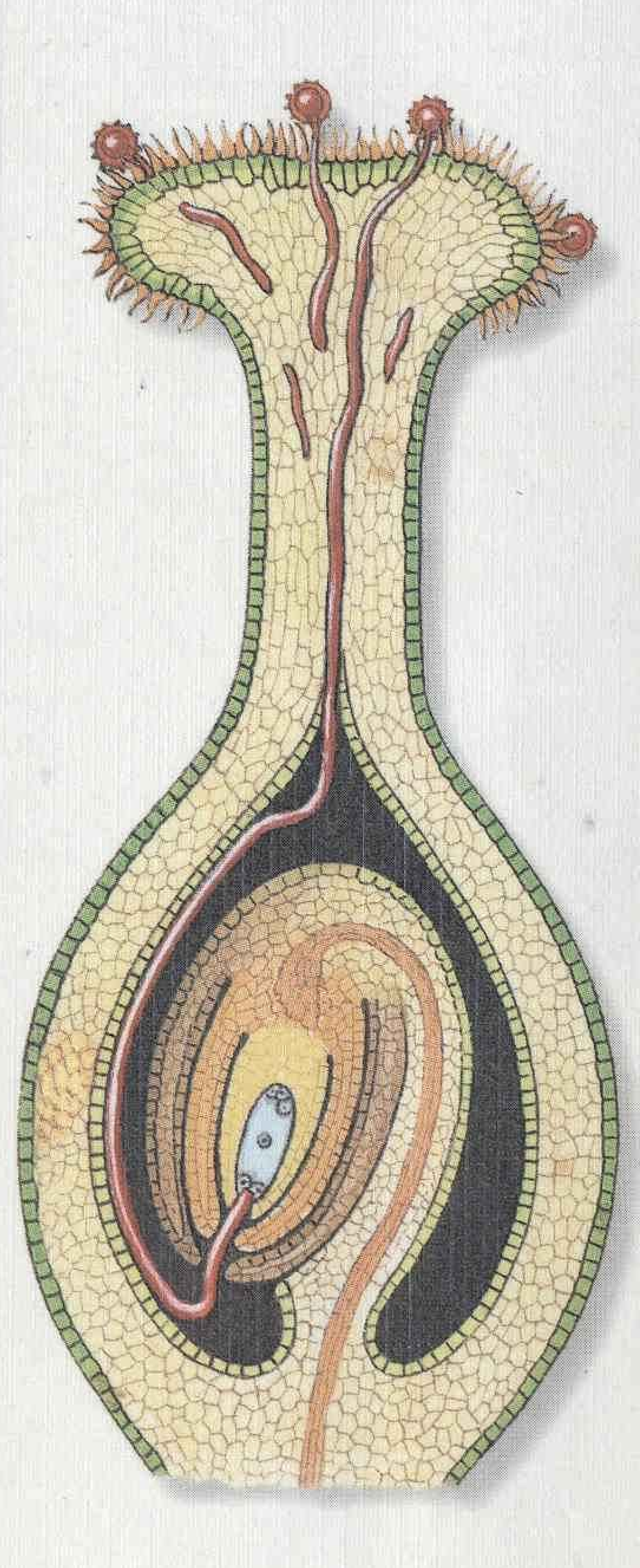
BOTÁNICA

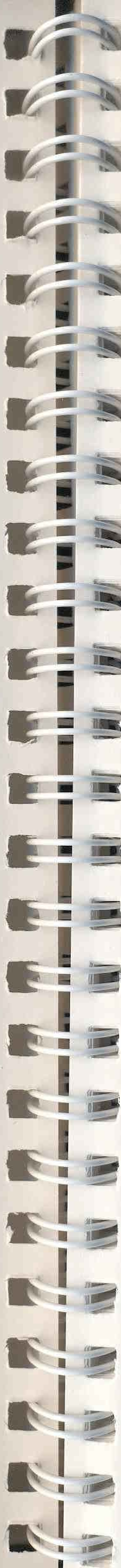
ATLAS TEMÁTICO

BOTÁNICA



Penetración del tubo polínico en el rudimento seminal y la doble fecundación en el saco embrional





BOTÁNICA

IDEA BOOKS, S.A.

Título de la colección
ATLAS TEMÁTICOS

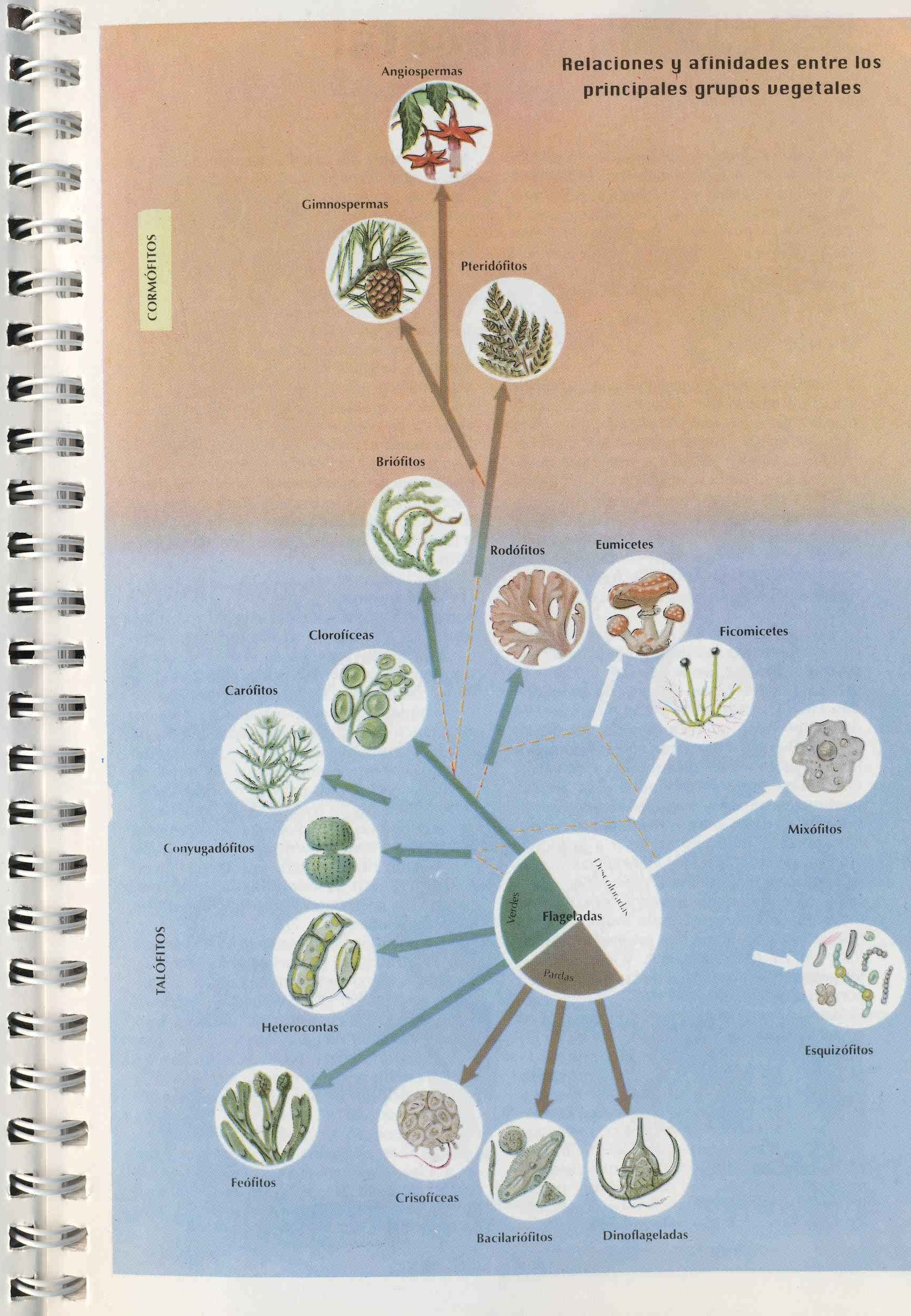
Redacción / J. M. Thomas-Doménech

Ilustraciones / J. M. Thomas-Doménech

Diseño de la cubierta / Lluís Lladó Teixidó

Printed in Spain by
Emegé, Industria Gráfica, Barcelona

EDICIÓN 1997



La célula vegetal

En sentido biológico, la célula es la *unidad fundamental* de todo organismo. Fisiológicamente considerada es indivisible, pero morfológicamente consta de dos partes vivas: el *citoplasma* y el núcleo, constituyendo ambos lo que se llama *protoplasma,* y de una tercera parte, las *membranas celulares,* que forman el *metaplasma* y vienen a ser como una segregación de las otras dos.

EL CITOPLASMA

El citoplasma tiene el aspecto de una sustancia viscosa, transparente, no soluble en el agua, de naturaleza coloidal complicada, pues no es un sol ni un gel; tampoco es una sustancia homogénea, ya que posee una estructura determinada. En su masa se observan pequeñísimos gránulos más refringentes, los *condriosomas,* y otros corpúsculos diversamente coloreados y de naturaleza varia, llamados *plastidios.* En las células adultas existen en el citoplasma una o varias cavidades, los *vacúolos.* Todo este contenido citoplasmático constituye el llamado *paraplasma* celular (fig. 1).

La estructura del citoplasma está determinada por macromoléculas de proteína (fig 2), de peso molecular a veces superior a 150.000, constituidos por largas cadenas de aminoácidos. De estas cadenas arrancan otras laterales de composición química muy diversa (figura 3), unidas entre sí mediante enlaces homopolares y heteropolares de cohesión y de valencia, enlaces que se producen y se anulan continuamente. Así pues, las moléculas de proteína se unen entre sí mediante sus cadenas laterales. Todo ello da lugar a la formación de un fino retículo, entre cuyas mallas se encuentra agua con sales disueltas, cadenas y micelas lipoides, etcétera, las cuales no están repartidas de un modo uniforme, sino que el agua se une a los grupos hidrófilos (ON^-, $NH^=$) de las proteínas, y los lípidos, a los grupos lipófilos (CH_3^-) de las mismas para condensarse con ellas (fig. 4).

La parte externa del citoplasma, la que está en contacto con el medio ambiente, tiene una estructura algo distinta. Debido a la tensión superficial y a la absorción, se forma un estrato de moléculas lípidas dispuestas polarmente y formando mosaico con las proteínicas. Este estrato tiene propiedades muy importantes para el intercambio de iones y moléculas intra- y extracelulares; es decir, su estructura determina la semipermeabilidad de la célula y regula los fenómenos osmóticos. Recibe el nombre de *membrana protoplasmática* (fig. 5).

Movimientos del citoplasma.—Son éstos de tres clases: a) *movimiento de traslación* de iones y de moléculas, formando corrientes que van en todos sentidos, los cuales son debidos a los intensos fenómenos físico-químicos provocados, principalmente, por el metabolismo celular. Con ellos son arrastrados también los corpúsculos más voluminosos, tales como los plastidios, condriosomas y el mismo núcleo. En la intensidad de estas corrientes influye la temperatura, la luz, las cargas eléctricas, el pH interno y externo, etc.; b) *movimiento pulsátil* es el observado en los vacúolos de algunos grupos taxonómicos, y consiste en contracciones rítmicas de diversa frecuencia; c) *movimiento browniano* es el que tienen las moléculas contenidas en pequeñas inclusiones y en el citoplasma. Consiste en choques incesantes entre dichas moléculas y contra las paredes de la inclusión, movimiento que se comunica también a otros corpúsculos.

Los condriosomas

Son partes esenciales del citoplasma, pues aparte de algunos Esquizófitos existen en todas las células vegetales. Se trata de pequeñísimas masas incoloras, visibles sólo con el ultramicroscopio o con el microscopio óptico si se emplea una tinción adecuada y mediante operaciones bastante delicadas (figura 8). Desde el punto de vista físico-químico parece que se trata de coacervatos, es decir, de partículas coloidales en vías de deshidratación, unidas por la tensión de las superficies de agua que las envuelven (fig. 6). Químicamente están constituidos por proteínas, lípidos y ácido ribonucleico. Este último es un ácido orgánico de complicada molécula, compuesto por cuatro nucleótidos, o de un múltiplo de cuatro (fig. 7).

Por su forma los condriosomas se dividen en *mitocondrios* (fig. 8), de aspecto granular; *condriocontos* si tienen forma bacilar, y *condriomitos* cuando se presentan en gránulos arrosariados. En cuanto a su función, unos parecen no tener ninguna y se les da el nombre de *condriosomas inactivos;* otros, en los que se puede seguir una evolución hacia la forma plastidio, reciben el nombre de *condriosomas activos.*

Los centrosomas. — Orgánulos de composición no bien conocida, que, situados cerca del núcleo, proliferan hasta convertirse en un cuerpo alargado. Son el origen de los cilios y los flagelos. En la cariocinesis se desplazan a los polos del huso.

Fig. 1.- Corte semiesquemático de una célula vegetal.

Fig. 2.- Fragmento de una molécula de proteína.

Fig. 3.- Naturaleza de las cadenas laterales que forman el retículo citoplasmático.

Fig. 4.- Modos de enlace de las cadenas laterales entre sí.

Fig. 5.- Esquema de la estructura molecular de la membrana protoplasmática.

Fig. 6.- Formación de un coacervato.

Fig. 7.- Estructura de un nucleótido.

Fig. 8.- Condriosomas.

LOS PLASTIDIOS

Son pequeños orgánulos contenidos en el citoplasma, que se forman a partir de los *protoplastos*, los cuales provienen, a su vez, de la evolución de ciertos condriosomas activos, llamados por esta razón *plastidiógenos*. Su función principal es trófica y de síntesis.

La mayoría de ellos tienen la facultad de elaborar diversas sustancias y pigmentos. Según sea el color de éstos y la naturaleza de la función plastidial reciben diversas denominaciones: *leucoplastos*, si el pigmento es blanco o carecen de él: *cromoplastos*, cuando el pigmento es de color rojo o amarillento y no es apto para la síntesis de los glúcidos; *amiloplastos*, si producen y acumulan almidón; *cloroplastos*, si contienen pigmento verde, el cual puede estar enmascarado por otro de color pardo, y entonces reciben el nombre de *feoplastos*, o por otro de color rojo, designándose en este caso con el nombre de *rodoplastos*.

No se trata, pues, de diversas clases de plastidios, sino de una sola entidad apta para desempeñar diversas funciones fisiológicas, según lo requiera el estado de la célula o del vegetal. Así, el tipo cromoplasto puede transformarse en el tipo cloroplasto, el leucoplasto en cromoplasto, etc. Estos cambios originan, en ciertos momentos, formas mixtas de transición, difíciles de determinar con exactitud, por lo que en estas fases los plastidios reciben el nombre de *plastidios intermedios*.

Los cloroplastos

Tienen, en general, forma ovoide o redondeada (fig. 1). Su tamaño suele estar comprendido entre 3 y 10 µ en la mayoría de las células. En las algas tienen mayores dimensiones y presentan formas variadas. Su masa está formada por un retículo proteínico esponjoso, el *estroma*, conteniendo entre sus mallas agua, lipoides, glúcidos, fermentos (clorofilasa, deshidrasas, oxidasas, etcétera), compuestos inorgánicos de hierro, hierro coloidal y pigmentos: caroteno ($C_{40}H_{56}$) y xantofila ($C_{40}H_{56}O_2$). En su parte central existe un vacúolo que contiene agua, glúcidos y materias proteicas. Los cloroplastos de ciertas algas inferiores contienen uno o varios corpúsculos centrales, los *pirenoides*, formados principalmente por proteínas cristalizables de reserva, rodeadas casi siempre de gránulos de almidón. El número de cloroplastos suele ser bastante elevado dentro de una misma célula, número que va aumentando a medida que ésta crece, debido a que los cloroplastos se multiplican por división directa.

Lo más esencial del cloroplasto son los *grana*, corpúsculos de color verde, cuyo tamaño oscila entre 0,4 y 2 µ, y se colocan entre las mallas del estroma, paralelamente a la superficie externa del plastidio (fig. 2). Tienen forma deprimida más o menos discoidal y están formados por varios estratos proteínicos, de 250Å de espesor, alternando con otros de lecitina, de xantofila y de clorofila de 50Å (figs. 3 y 4).

La lecitina. — Es un fosfoaminolípido formado por una molécula de ácido fosfórico esterificada, de una parte, por el grupo alcohólico de un amino-alcohol (colina) y de otra, por un alcohol polivalente de radicales grasos (fig. 5).

La clorofila.—Es el pigmento de color verde contenido en los grana y el que comunica este color a la mayor parte de los vegetales que lo contienen. Su macromolécula tiene la estructura representada en la fig. 6. Se compone de una larga cadena fitólica y de un grupo porfirínico con los cuatro anillos pirrólicos enlazados por el magnesio. Es un éster que por saponificación da una molécula de fitol, otra de alcohol metílico y un ácido bibásico. La clorofila se dispone en películas unicelulares entre los estratos de proteína y de lecitina, de modo que por su grupo pirrólico se une a la proteína y por su grupo fitólico, a la lecitina (véase figura 4). Mediante el análisis cromatográfico (uso de disolventes adecuados combinado con el poder de absorción de algunos sólidos) se han podido separar dos clorofilas principales: la α-clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$), de color azul cuando sólida, y la ß-clorofila ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$), de color verde oscuro, soluble en alcohol metílico, Ambas clorofilas tienen parecida estructura, diferenciándose solamente en que la ß-clorofila tiene un carbono oxidado más, en forma carbonílica.

La xantofila. — Pertenece al grupo de los carotinoides. Éstos son compuestos politerpénicos con carbonos en número múltiple de cinco, formando largas cadenas abiertas con varios enlaces dobles y metilos esparcidos regularmente (fig. 7). A estos dobles enlaces se atribuyen los espectros de absorción y la coloración de estas sustancias. En la figura 7 se ha representado una molécula del ß-caroteno, en la cual, si se sustituyen cada uno de los dos hidrógenos A y B por un hidroxilo OH, tendremos una molécula de xantofila. En el hígado de los animales y por la acción del enzima carotenasa, la molécula de ß-carateno se rompe por CC, dando dos moleculas de vitamina A.

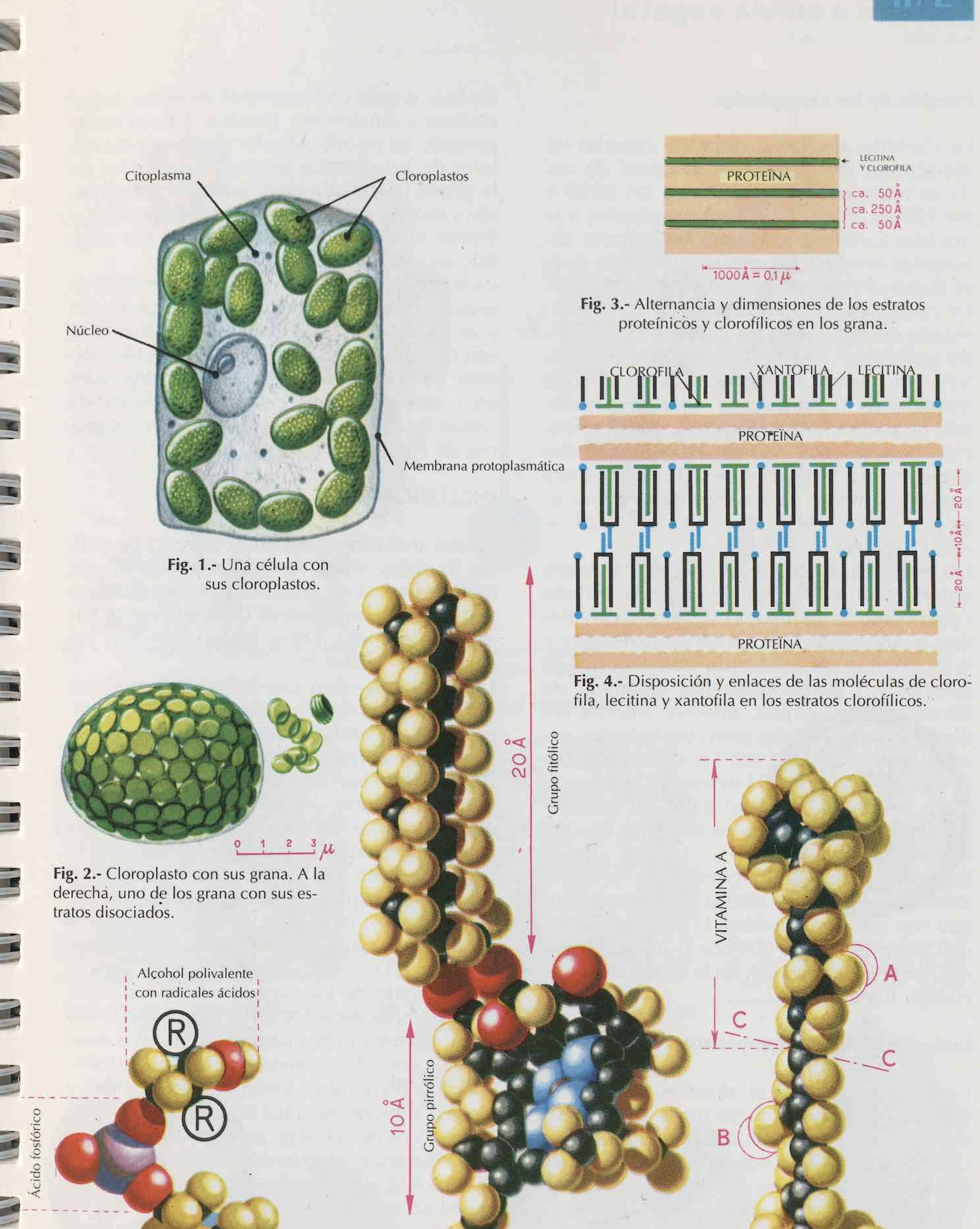


Fig. 1.- Una célula con sus cloroplastos.

Fig. 2.- Cloroplasto con sus grana. A la derecha, uno de los grana con sus estratos disociados.

Fig. 3.- Alternancia y dimensiones de los estratos proteínicos y clorofílicos en los grana.

Fig. 4.- Disposición y enlaces de las moléculas de clorofila, lecitina y xantofila en los estratos clorofílicos.

Fig. 5.- Núcleo principal de una molécula de lecitina. Las R indican radicales ácidos.

Fig. 6.- Molécula de clorofila, formada por un grupo pirrólico, con magnesio, y una larga cadena fitólica.

Fig. 7.- Molécula de caroteno. Si se sustituyen los dos H, situados en A y B, por dos OH, resulta una molécula de xantofila.

Función de los cloroplastos

La clorofila, debido a su color, absorbe las radiaciones lumínicas cuya longitud de onda se halla comprendida entre los 6000 y los 7500Å, o sea, las que corresponden a la luz roja. La energía de estas radiaciones absorbidas sirve de manantial energético para el desarrollo del proceso llamado *fotosíntesis clorofílica,* el cual consiste, fundamentalmente, en que mediante el agua, el anhídrido carbónico y la correspondiente energía (energía luminica transformada en energía química) se forma glucosa (células sacarófilas), la que por polimerización, con eliminación de una molécula de agua, puede dar almidón (células amilófilas). De una manera global el proceso puede expresarse como sigue : $6CO_2+6H_2O+ 674\ 000$ cal.$\rightarrow$ $\rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$.
Un esquema del desarrollo del mismo viene representado en la figura 1. Se han tomado como punto de partida las siguientes cantidades: 8 cuantos de luz, 4 moléculas de agua y 4 moléculas de anhídrido carbónico. Los cuerpos A y B son moléculas orgánicas de elevado peso atómico. También intervienen diversos enzimas, tales como deshidrasas, catalasas, etc. Los 8 kV son los consumidos en el transporte de los 4 H desde A a B. El agua actúa, en este caso, como dador de hidrógeno, y el anhídrido carbónico, como aceptor del mismo.
Empleando luces monocromáticas, azules y verdes, se verifica el mismo fenómeno, aunque con menor intensidad, lo cual demuestra que tanto los carotenos como las xantofilas del plastidio intervienen en la absorción de la energía lumínica.

Inclusiones de los cloroplastos

La más frecuente es el almidón, como producto resultante indirecto de la fotosíntesis clorofílica. Es un polisacárido formado por una cadena de radicales de α-glucosa en número variable y cuya fórmula empírica es $(C_6H_{10}O_5)n$. Es poco soluble en el agua, dando con ella y en caliente el llamado engrudo de almidón. Se colorea de azul con el yodo, aunque hay variedades que se colorean de rojo (almidón de arroz de lirio), otras de violeta (el de las algas verdes) y otras que no se colorean (el de las Flageladas). El almidón elaborado por el cloroplasto y retenido dentro de la célula (fig. 2) constituye el llamado *almidón primario,* autóctono o de asimilación. Debido a la acción de ciertos enzimas (amilasas) y de los ácidos, este almidón se hidroliza, dando primeramente dextrina, luego maltosa y, finalmente, glucosa. Ésta es transportada, en estado de solución, hasta las células de los diversos órganos reservantes de la planta (raíces, rizomas, tubérculos, bulbos, etc.), donde, previa polimerización, vuelve a formar almidón, llamado en este caso *almidón secundario* o de reserva (fig. 3).
La forma de los granos de almidón es distinta según la especie vegetal de donde proceden y es característica de muchas de ellas. Así, son lineales y en forma de fémur *(halteriformes)* en el látex de las euforbias; poligonales en el maíz; grandes y ovoides en la patata (véase fig. 3); múltiples y ovoides en los granos de avena (fig. 4), etc.

INCLUSIONES DEL CITOPLASMA

Ciertas inclusiones tienen el aspecto de gotitas lipoides. Están formadas por otras aún más diminutas de grasa, englobadas por una sustancia hidroproteica. Constituyen el llamado *eleosoma.* Otras inclusiones son los *cristaloides proteicos.*
Los vacúolos.—Son cavidades de forma más o menos irregular, situadas en la masa del citoplasma. Cuando la célula es joven son numerosos y pequeños; a medida que aquélla va creciendo son mayores y en menor número; en las células adultas ocupan casi todo el espacio celular, de manera que el citoplasma y el núcleo están como pegados a la membrana. La zona que los separa del citoplasma, sin límites propios, es de naturaleza lipoide, dispuestas sus moléculas de modo semejante a las que forman la membrana protoplasmática (lám. A/1).
El contenido de los vacúolos es variadísimo, pero siempre de reacción ácida. Además del agua, las principales sustancias en ellos contenidas son: *Antocianos,* pigmentos glucósidos que comunican los colores rojo, azul y violado a las flores, a los frutos y a ciertas hojas *(cianina* del azulejo, *pelargonina* del geranio). *Flavonas,* heterósidos, que, solos o con la xantofila, dan el color amarillo o el blanco según su concentración. *Inulina,* hidrato de carbono de reserva, semejante al almidón. *Aleurona,* granos formados por un cristal proteico y gránulos de *fitina (globoides)* envueltos por una membrana común (fig. 5). *Ácidos orgánicos (oxálico, tartárico). Cristales de oxalato cálcico* (figura 6, A) individuales, en drusa o formando *rafidio* (fig. 6, B). *Glucósidos, taninos, aceites, resinas, esencias, grasas, enzimas (lipasas, amilasas, proteasas), alcaloides (atropina, cafeína, digitalina, estricnina).*

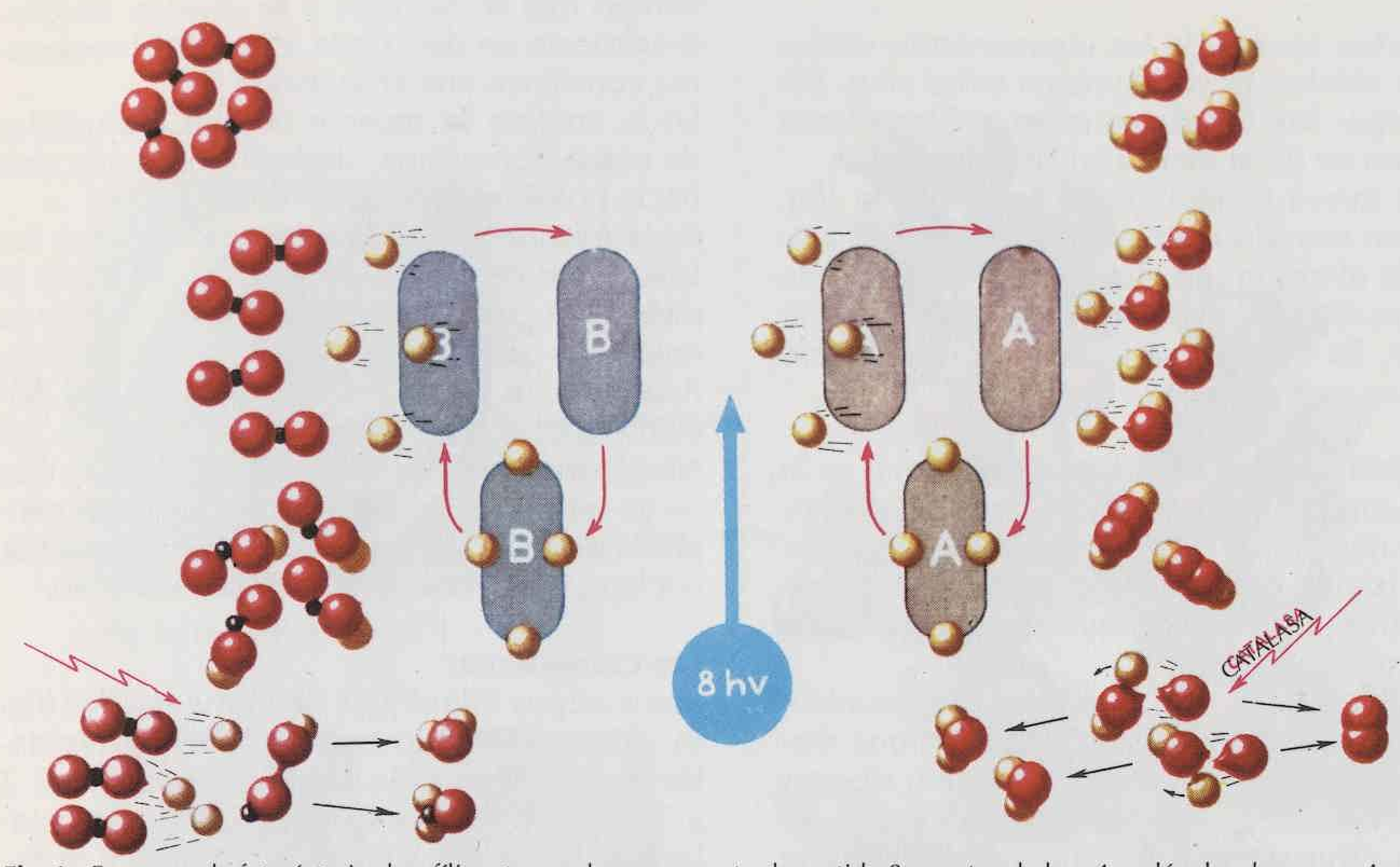


Fig. 1.- Esquema de fotosíntesis clorofílica, tomando como punto de partida 8 cuantos de luz, 4 moléculas de agua y 4 moléculas de anhídrido carbónico.

Inclusiones del cloroplasto



Fig. 2.- Almidón primario elaborado por los cloroplastos.



Fig. 3.- Almidón secundario de reserva en las células del tubérculo de la patata.



Fig. 4.- Algunas formas de granos de almidón: A, del látex de lechetrezna; B, del maíz; C, del grano de avena.

Inclusiones de los vacúolos

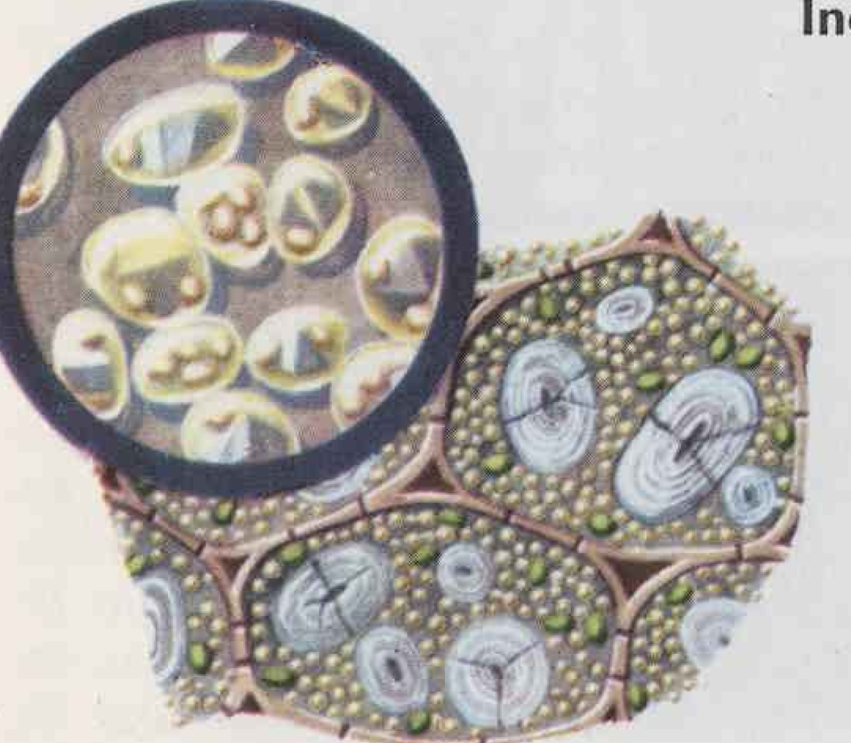


Fig. 5.- Gránulos de aleurona en las células del guisante. En el círculo, detalle de los mismos.

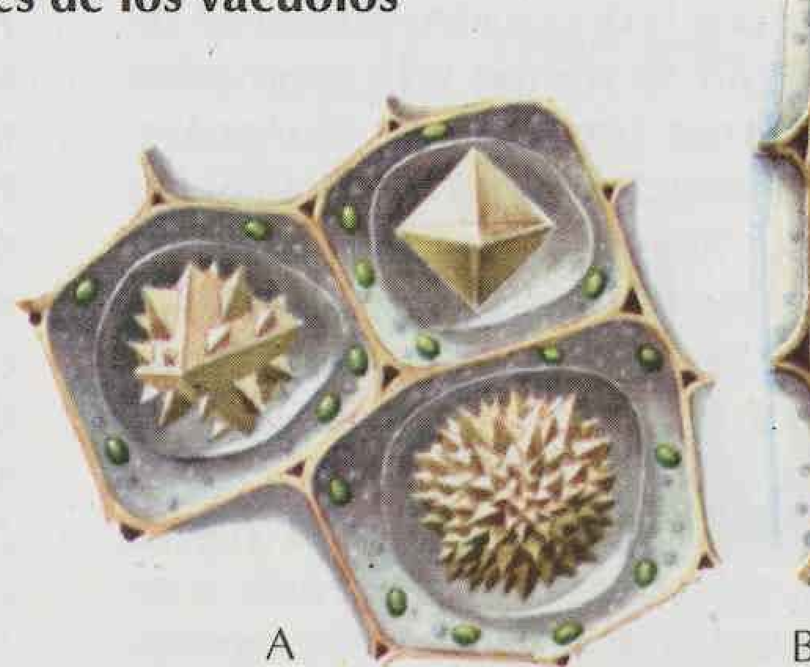


Fig. 6.- Cristales de oxalato cálcico. En A, un cristal tetraédrico y otros en drusa. En B, cristales aciculares constituyendo un rafidio.

EL NÚCLEO

El núcleo es uno de los componentes vitales de las células. Es constante en todas ellas. Sin embargo, los Esquizomicetes y Cianofíceas carecen de él, al menos en su forma típica.
Es de forma generalmente redondeada (fig. 1), pero cuando la célula está repleta de granos de almidón, de aleurona, etc, el núcleo, presionado por ellos, toma una estructura reticular. Su tamaño varía de 1 a 50 μ siendo algunas veces mayor.

Composición. — La sustancia principal es la *cromatina,* nucleoproteído constituido por ácido nucleínico (timonucleico) (fig. 2) y proteína básica, unida por enlace iónico al grupo fosfórico del ácido nucleínico, formando una estructura reticular.
Entre las mallas está la *cariolinfa o nucleoplasma,* sistema coloidal más o menos disperso, conteniendo proteínas y ácido ribonucleico libres. En la periferia del núcleo, el retículo cromatínico se condensa y forma la *membrana nuclear.*
Función del núcleo. — El nucleo interviene de un modo directo en los cambios de vida de la célula, siendo la relación núcleo-plasma indicadora del equilibrio biológico para determinado régimen. La división del núcleo *(cariodiérisis)* es causa e inicia la reproducción celular.
División del núcleo. — Puede verificarse de dos maneras principales: por *división directa* o *amitosis,* sin que la masa cromatínica sufra fases previas, y por *división indirecta, mitosis* o *cariocinesis,* en la que dicha masa sufre cambios previos, encaminados a repartirse por igual entre los dos núcleos hijos.
División indirecta o mitótica. — Se pueden presentar cuatro fases: *profase, metafase, anafase* y *telofase* (figura 3). Durante la primera, el núcleo, por hidratación, aumenta de volumen, el retículo se rompe y la eromatina se condensa y forma unas masas alargadas, llamadas *cromosomas.* Al final de la fase los nucléolos se disuelven y su sustancia pasa a formar parte de los cromosomas, al mismo tiempo que éstos se estiran y forman un ovillo espiraloide. La membrana nuclear empieza a desaparecer.
En la *metafase,* el núcleo sufre una ligera contracción, la membrana desaparece y se forman dos casquetes diametralmente opuestos, de materia más refringente, que pronto invade todo el núcleo formando el llamado *huso cromático.* Los cromosomas tienden a ordenarse en el plano ecuatorial al mismo tiempo que se hienden y se dividen longitudinalmente en dos. Cada mitad del cromosoma constituye una *cromátida.*
En la *anafase* se separan las dos cromátidas de cada cromosoma, deslizándose cada una hacia polos opuestos del huso.
En la *telofase* se suceden en orden inverso los fenómenos de la profase, mientras se inicia la división nuclear. Los cromosomas se unen y se organizan para formar nuevamente un retículo. Aparecen los nucléolos. A la división del núcleo sigue, en la mayoría de los casos, la del citoplasma, llamada *citodiéresis.* Cuando ésta no se verifica entonces se tiene una masa citoplasmática sin tabiques divisorios con muchos núcleos, o sea, una *polienérgida o cenócito.*

Los cromosomas

Son cuerpos cilíndricos de forma bacilar (fig. 4), doblados en L o en V, a veces, esferoidales o puntiformes. Su tamaño oscila desde 2 a 300 μ. En algunos se observa una estrangulación, la *ceñidura cinética,* en la que se insertan las fibras del huso durante la mitosis. También pueden observarse unos pequeños corpúsculos situados en los extremos, unidos al cromosoma por un istmo sutil: son los llamados *satélites.*
La estructura de los cromosomas varía de unos a otros, pero la base estructural es siempre la misma (véase fig. 4): un filamento helicoidal, el *cromonema,* envuelto por una sustancia gelatinosa, el *calima, matriz o hialonema.* El cromonema lleva alineados una serie de pequeñas esferas, los *cromómeros* (los «loci» de los geneticistas), que son los centros donde residen los determinantes *(genes)* de los caracteres hereditarios. El cromonema está formado por proteínas no básicas; el calima lo está por nucleoproteínas (= ácido timonucleico+proteínas básicas). Durante las fases intermedias de la mitosis todas las partes de un cromosoma se desdoblan en dos para reorganizarse en la telofase.
Número de cromosomas.—Las células de cada especie vegetal tienen un número determinado de cromosomas, característico de dicha especie. Las células sexuales, correspondientes a dichas especies, tienen la mitad y su número se representa por *n,* número *haploide;* por lo tanto, el de las células somáticas estará representado por *2n,* número *diploide.* A veces, debido a diversas causas, este número puede hacerse superior y valer *3n,* número *triploide, 4n, 5n* o mayor, llamándose entonces número *poliploide.*

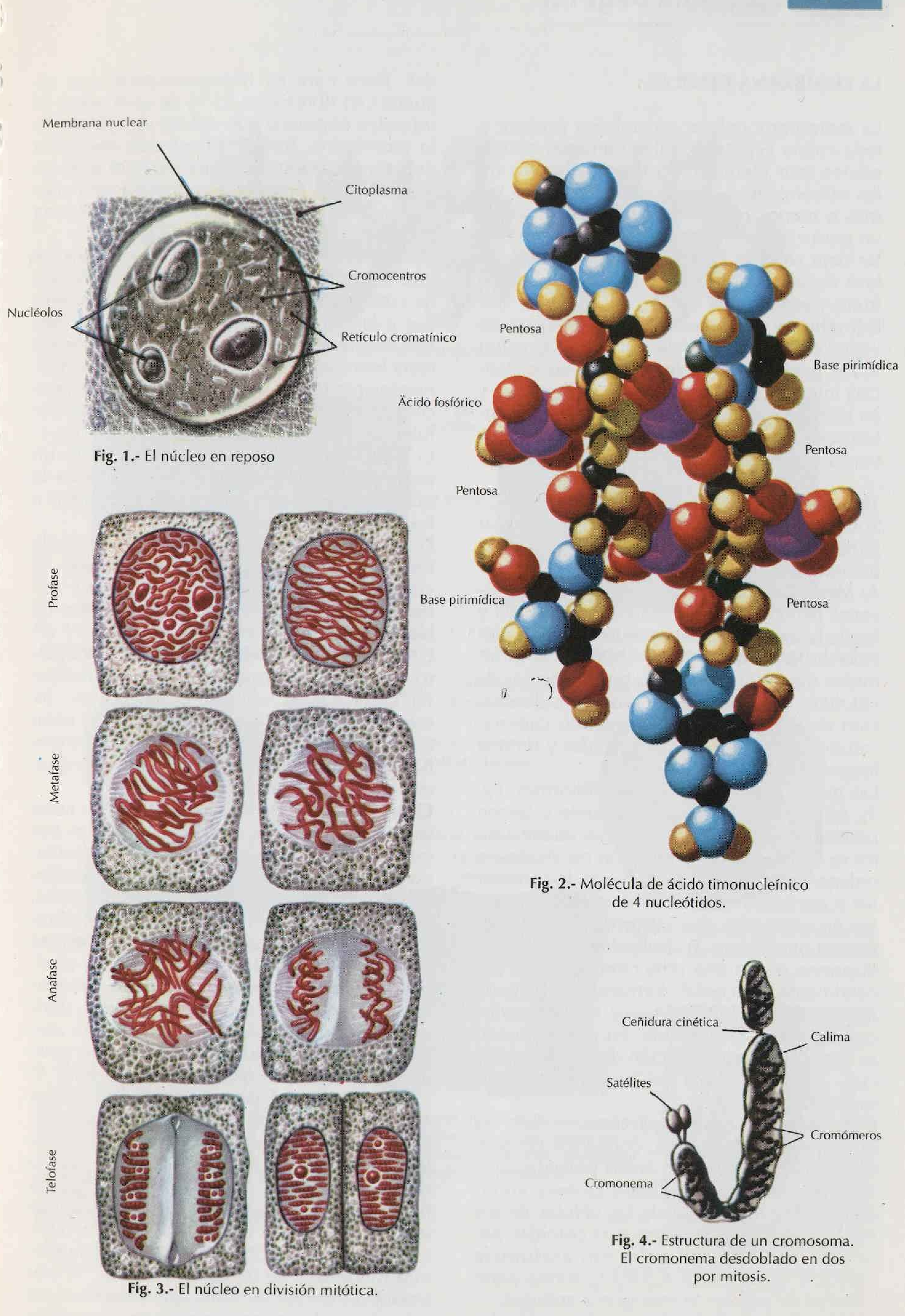


Fig. 1.- El núcleo en reposo

Fig. 3.- El núcleo en división mitótica.

Fig. 2.- Molécula de ácido timonucleínico de 4 nucleótidos.

Fig. 4.- Estructura de un cromosoma. El cromonema desdoblado en dos por mitosis.

LA MEMBRANA CELULAR

La membrana celular envuelve y protege a toda célula vegetal, y, salvo contadas excepciones (por ejemplo, en los plasmodios de los Mixomicetes), existe siempre. Puede ser más o menos resistente, delgada o alcanzar un grosor tal que invadiendo el espacio celular deje sólo un pequeño lumen central (fibras de algodón, de lino, cáscaras duras de frutos y semillas, etc.).

Estructura y crecimiento. — Se compone de varios estratos de distinta refringencia, según sea el grado de concentración de las sustancias integrantes. El crecimiento en longitud y en grosor se verifica, respectivamente, por intususcepción y por aposición de nueva sustancia.

Tipos de membrana

Son varias las sustancias que entran a formar parte de las membranas celulares. Según la naturaleza de aquéllas, éstas pueden ser:

A) **Membranas celulósicas.** — Las células jóvenes tienen su membrana celular delgada y formada exclusivamente por la *celulosa,* glúcido de fórmula $(C_6H_{10}O_5)n$ semejante al almidón (figura 1) constituido por moléculas de *celobiosa* (= 2 mol de glucosa con eliminación de 1 mol de H_2O), formando cadenas variables de 500 a 3000 moléculas y de una longitud de 2500 a 15000Å.

Las moléculas de celulosa son filiformes (fig. 2), se disponen entrecruzadamente y tienen *puntos de unión.* Durante el crecimiento éstos se disuelven y, a trechos, las moléculas se ordenan paralelamente, formando los *cristalitos o territorios ordenados,* unidos por cadenas no ordenadas, que saliendo de uno penetran en otro (figura 3). Todos los cristalitos se disponen según una dirección definida, generalmente helicoidal, formando la llamada *fase cristalina.* Los *territorios no ordenados* constituyen la *fase amorfa.* En ella es donde se verifica la intususcepción de nuevas moléculas de celulosa y la imbibición de diversas sustancias.

B) **Membranas celulosopécticas.** — Son las que, además de celulosa, contienen *pectina.* Ésta es un polímero del ácido poligalacturónico parcialmente metilado. Es muy abundante en la membrana de las células de los frutos maduros. Tiene estructura coloidal, gelatinizante, hidrolizada en *arabinosa* $C_5H_{10}O_5$, y *galactosa,* $C_6H_{12}O_6$; forma parte esencial de muchas gomas (goma arábiga).

C) **Membranas de lignina.** — Su molécula, de difícil formulación, es de forma discoidal. Tiene carácter hidroaromático, con algunos OH libres y un 15 % de metilados. Es un polvo negruzco que rellena el retículo de la membrana, formando estratos regulares de concentración creciente hacia el exterior (figura 4). Su presencia comunica una rigidez y dureza extraordinarias a la membrana (fig. 5).

D) **Membranas de cutina.** —- En los espacios intercelulares de la celulosa, las moléculas de *cutina* se intercalan sin orden alguno, unidas a las de celulosa por valencias accesorias. Su constitución no es conocida pero sus reacciones son las de los ácidos grasos. Generalmente tapiza, en grado variable de concentración, el exterior de las membranas celulósicas (fig. 6).

E) **Membranas de esporopolenina.** — Es un politerpeno, no bien conocido, que forma la mayor parte de la membrana que recubre a los granos de polen y a ciertas esporas.

F) **Membranas de calosa.** — Poliholósido de fórmula $(C_6H_{10}O_5)n$, poco polimerizado. El citoplasma lo disuelve periódicamente y forma parte de la membrana de las células de las vasos cribosos.

G) **Membranas de suberina.** — Es un polímero de oxácidos grasos, tales como el *flelónico,* $C_{18}H_{36}O_5$, el *felónico,* $C_{22}H_{44}O_3$, etc. Su estructura no está bien determinada. Se unen a la celulosa mediante proteínas. Acompañan a la *suberina,* ceras, grasas, glicerina, etc.

Otras sustancias de las membranas. Las *ceras* (fig. 7), sustancias complejas formadas por ésteres de alcoholes y ácidos grasos, mezclados a glicéridos y a hidrocarburos saturados de gran número de carbonos. La *micosina,* poliholósido nitrogenado, forma la membrana de algunos hongos. Los *amiloides,* de gran peso molecular. y de reacciones como el almidón, recubren las esporas de los Ascomicetes. *Pigmentos tánicos y flobágenos,* derivados éstos por oxidación de los taninos mediante enzimas (oxidasas), son de color pardo o rojo (como la *brasilina,* rojo carmín). El *carbonato cálcico* de las células de algunas algas (Rodófitos), de los pelos de Borragináceas, de las Cucurbitáceas y el que forma los llamados *cistolitos* (fig. 8). El *oxalato cálcico* de las membranas celulosopécticas y de las lignificadas. La *silice,* $SiO_2 . H_2O$, intercalada entre la cutina y la celulosa de las Ciperáceas, Gramíneas, etc. Si se incinera, a temperatura moderada, su tejido epidérmico, se obtendrá un encaje de sílice que reproduce su estructura, el cual se conoce con el nombre de *espodograma.*

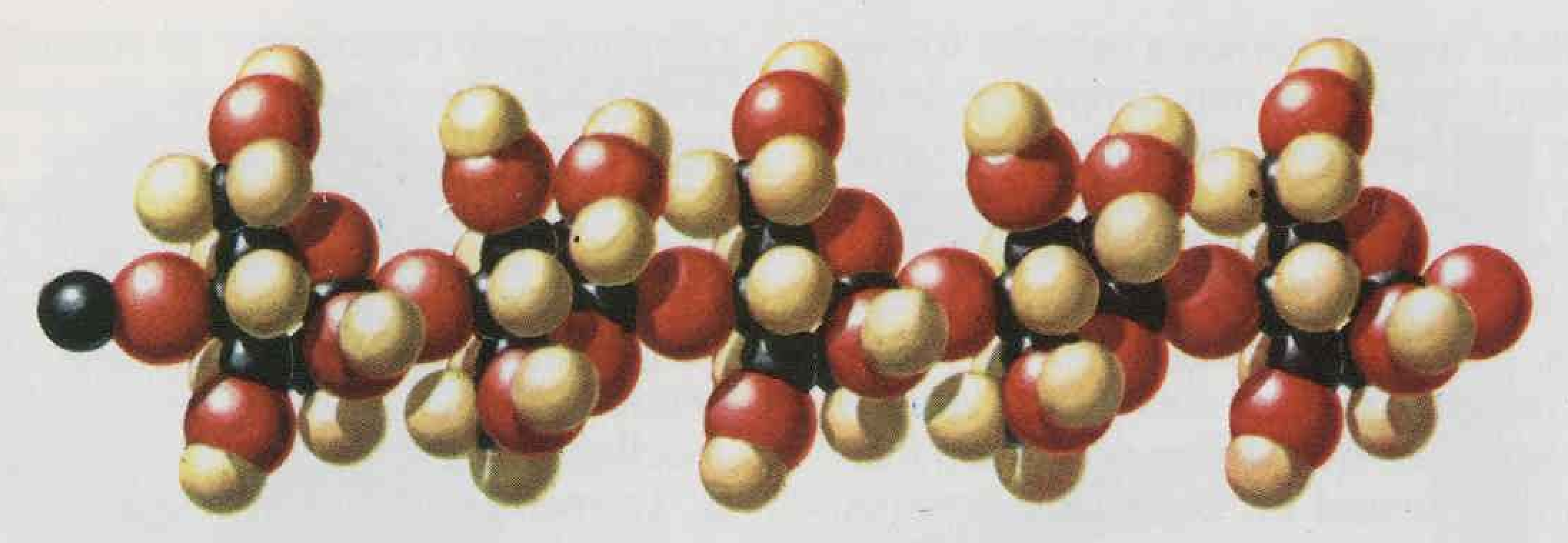


Fig. 1.- Fragmento de una molécula de celulosa.

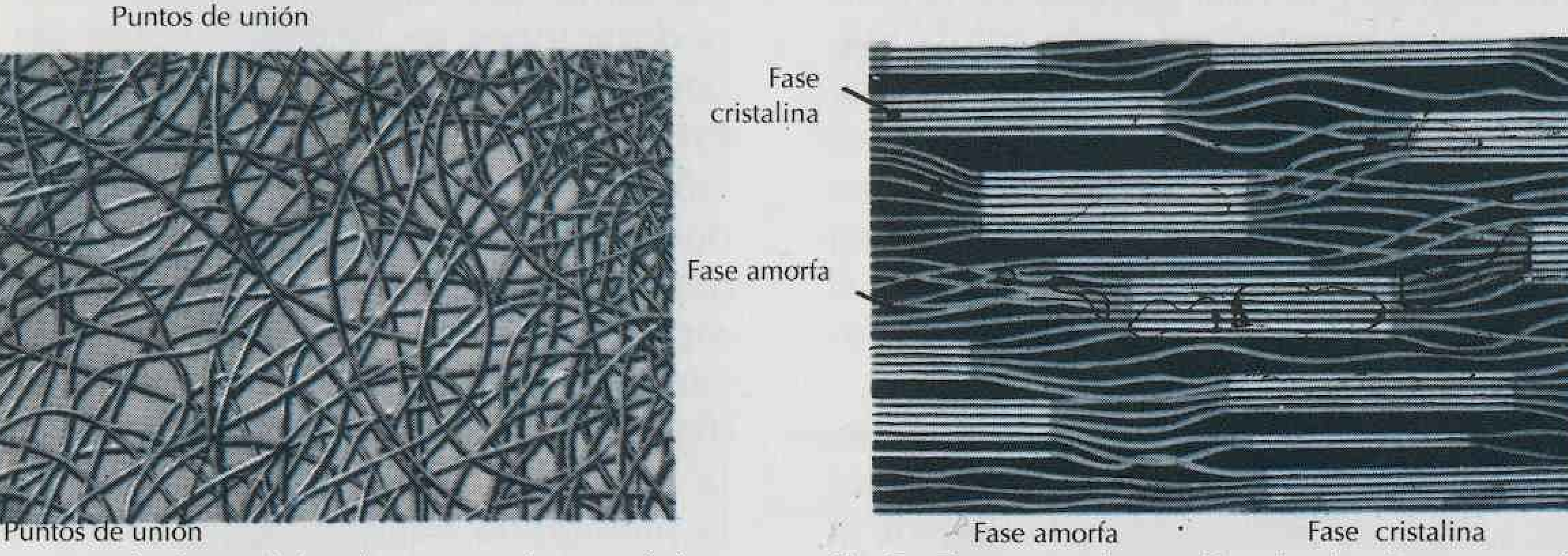


Fig. 2.- Estructura submicroscópica de una membrana celulósica joven. Los filamentos son largas moléculas de celulosa.

Fig. 3.- Fragmento de una fibra de algodón mostrando la disposición helicoidal de las fases cristalina y amorfa de la celulosa.

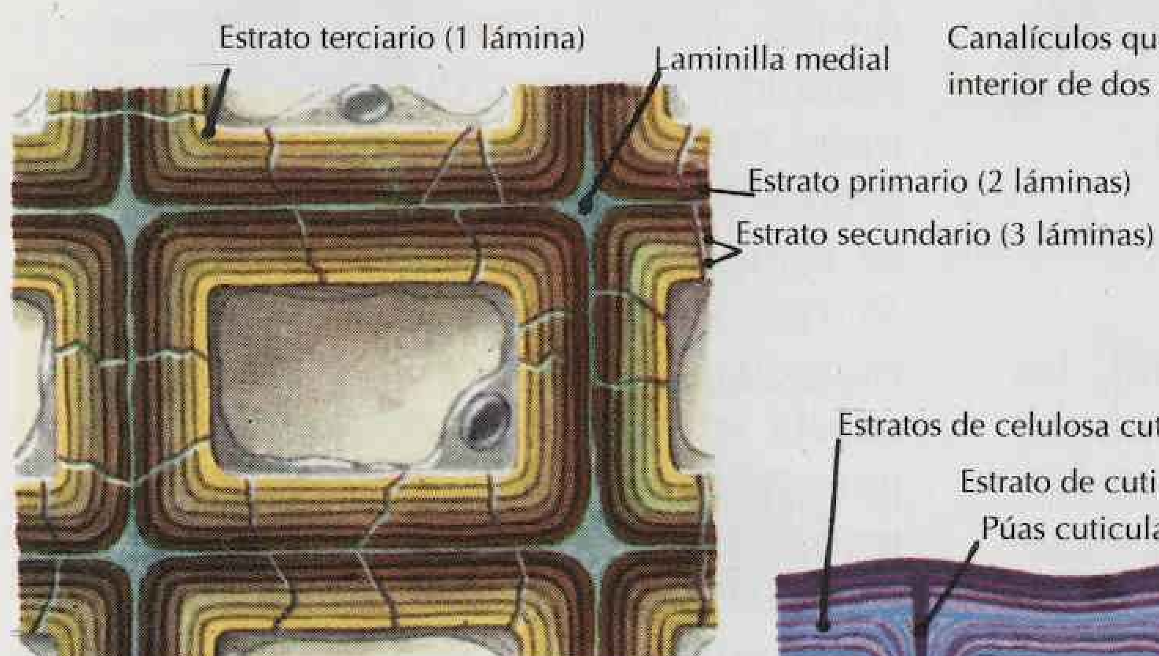


Fig. 4.- Células con la membrana lignificada.

Canalículos que ponen en comunicación el interior de dos células contiguas

Lumen celular

Fig. 5.- Célula "pétrea" de la nuez del nogal con gruesa membrana lignificada.



Fig. 6.- Membranas de cutina, de celulosa cutinizada y de celulosa pura (cutina teñida por el violeta de genciana; celulosa de azul, mediante el cloruro de zinc yodado).

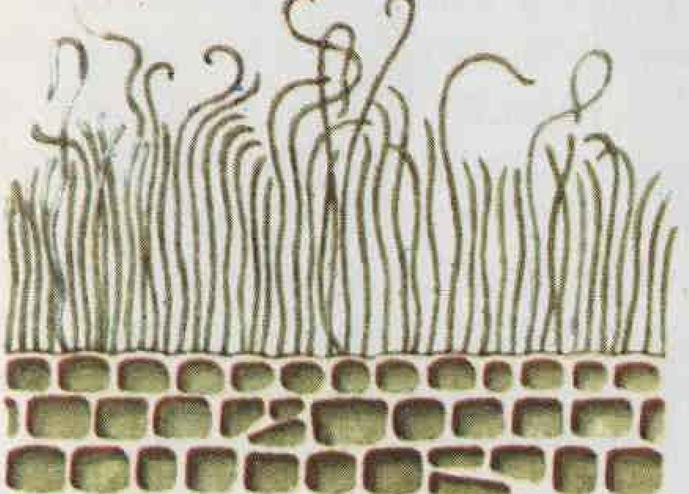


Fig. 7.- Filamentos de cera en las células de la caña de azucar.



Fig. 8.- Cistolito de carbonato cálcico.

Tronco I: Esquizófitos

Vista la célula vegetal, vamos a estudiar los vegetales unicelulares. Los más simples y de organización más sencilla y primitiva son los *Esquizófitos.* Carecen de núcleo, al menos tal como lo entendemos corrientemente, y de cloroplastos, si bien algunos poseen pigmentos sintetizadores, incluso clorofila, pero en estado difuso. La reproducción es asexual, aunque recientemente parece que se han observado indicios de unión sexual en algunos Bacterios. Multiplicación por *esquizogonia,* palabra que da nombre al grupo, la cual consiste en la división ecuatorial o longitudinal de la célula madre, mediante una fisura de crecimiento centrípeto. Propagación, en general, por *esporas,* es decir, por concentraciones citoplasmáticas, rodeadas o no de membrana, que se forman en la célula madre. Se denominan *endósporas* si se originan en su interior, y *exósporas* si se forman al exterior por gemación.

Los Esquizófitos forman dentro del reino vegetal un grupo aislado, sin probables relaciones filogenéticas con los demás (véase la lám. de la portada).

Los esquizofitos se dividen en dos grandes clases: las *Esquizofíceas,* llamadas también *Cianofíceas, Mixofíceas o Algas azules,* y los *Esquizomicetes o Bacterios.*

Clase 1.ª Esquizofíceas

Organismos libres o reunidos en colonias, las cuales pueden ser lineales y formando un *tricoma,* o bien constituir un plano, o estar formadas siguiendo las tres direcciones del espacio.

Si el tricoma lleva una vaina, se llama *filamento.* Éste puede presentar falsas ramificaciones, las cuales consisten en que dos fragmentos de tricoma, divergentes, están unidos por la vaina en su origen (fig. 2). Las Esquizofíceas pueden ser incoloras, pero generalmente están coloreadas de verde azulado, de amarillo verdoso, de rosa o de violeta.

Estructura. — El citoplasma consta de dos zonas: la externa o *cromatoplasma* (fig. 1) y la interna o *centroplasma.* La primera está coloreada por pigmentos asimiladores: clorofila (verde), carotinoides (amarillo), *ficocianina* (azul violeta) y *esquizoficoeritrina* (rojo), conteniendo también reservas proteínicas, lípidos, glucógeno y burbujitas de gases, conocidas con el nombre de *seudovacúolos.* La segunda zona es incolora y contiene los *endoplastos o gránulos de cromatina,* que forman el llamado *núcleo abierto;* los *ectoplastos,* de naturaleza proteínica y adosados a los anteriores, y los *epiplastos* o *gránulos de cianoficina,* de naturaleza glucoproteica y situados en la periferia de la zona, aunque muchas veces también se encuentran junto al tabique medial que separa dos células contiguas de un tricoma.

La membrana consta de una zona interna, el *periplasto, y* de otra externa de estratos polipéptidos que al contacto del agua se vuelven mucilaginosos y se hinchan considerablemente. La membrana que forma el tabique medial a menudo se halla perforada. Los hililos de citoplasma que se inmiscuyen dentro de estas perforaciones reciben el nombre de *plasmodesmos.*

Propágulos. — Según las especies, la propagación puede hacerse: 1.º, por endósporas desnudas; 2.º, por exósporas; 3.º por *nanocitos,* es decir, por diminutas células que por dividirse rápida y prematuramente no han podido alcanzar un tamaño normal; 4.º, por *artrósporas* (fig. 4), células muy desarrolladas a causa de la acumulación de reservas, sin pigmento, con la membrana engrosada, sin plasmodesmos y que al desprenderse del tricoma germinan y generan una nueva colonia; 5.º, por *heterocistes* (fig. 4), semejantes a las anteriores pero de reducido volumen, diáfanas y con plasmodesmos, presentando en los tabiques mediales sendos abultamientos o *ectoplastos;* el tricoma se rompe por ellas; 6.º por *hormogonios* (fig. 5), que son fragmentos de tricoma con un número variable de células (si sólo tienen una célula se llaman *planococos),* originados por gemación y dotados, al principio, de cierta motilidad, inmovilizándose más tarde y recubriéndose de una vaina; 7.º, por *hormocistes,* fragmentos de tricoma envueltos completamente por una vaina, originados también por gemación.

Ecología. — Viven en medios húmedos, ricos en sales minerales. Las hay terrestres y acuáticas (dulceacuícolas y marinas). Unas fijan el nitrógeno atmosférico, otras, el carbonato cálcico. Una de las características principales es la de poder vivir en aguas termales de elevada temperatura (entre 70° y 85°). La mayoría son *autótrofas,* es decir, sintetizan su materia orgánica mediante pigmentos; otras, incoloras, son *saprofíticas y* necesitan alimentarse de materia orgánica inerte preformada. Otras pocas son *simbiotas,* viviendo a costa de otro organismo pero sin perjuicio mutuo, como *Croococcus* y *Scytonema* (lám C/7), que viven en *simbiosis liquénica* con ciertos hongos; las que forman *cianocecidios* en las raíces de ciertas plantas y las *cianelas,* endosimbiotas de vegetales unicelulares y de los plasmas animales.

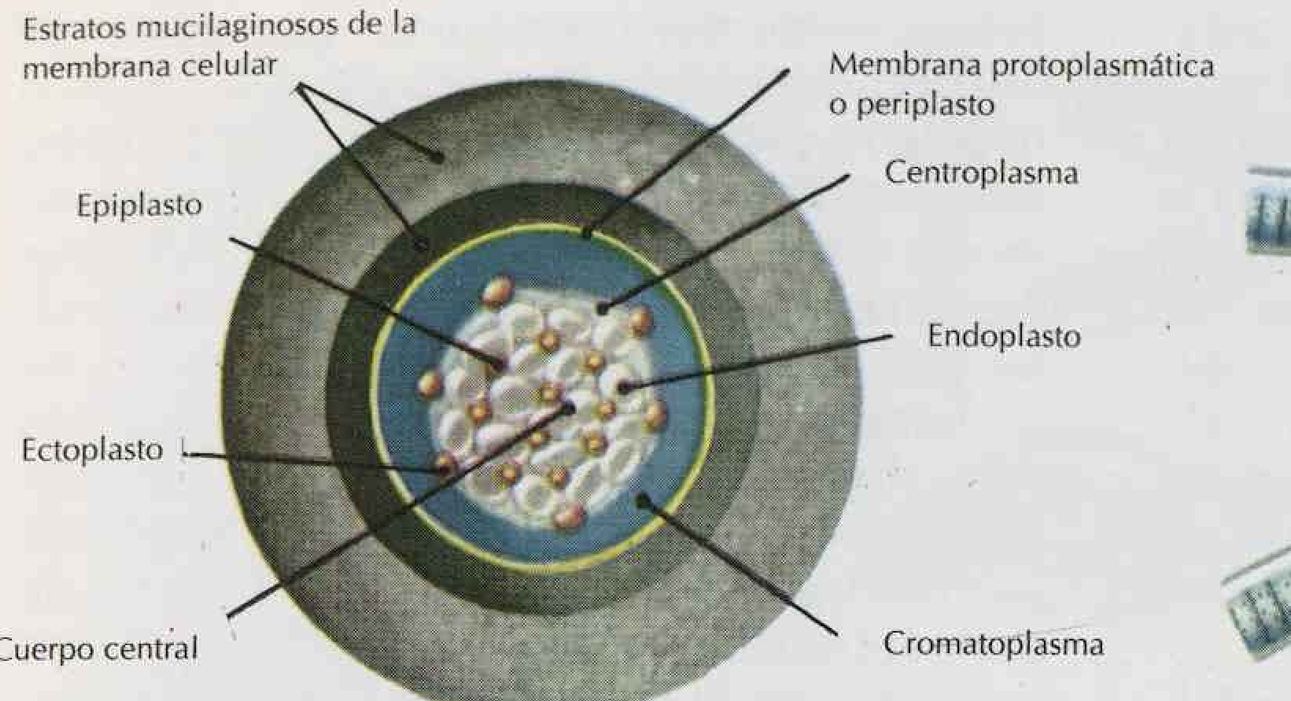


Fig. 1.- Representación semiesquemática de una Esquizofícea libre.

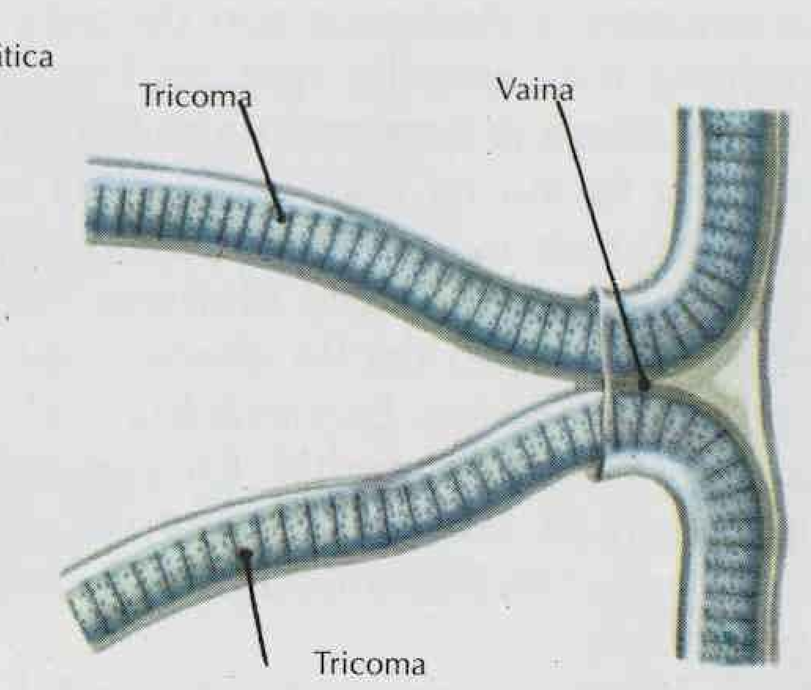


Fig. 2.- Colonia de Esquizofíceas *(Plectanema)* constituyendo tricomas y presentando una falsa ramificación.

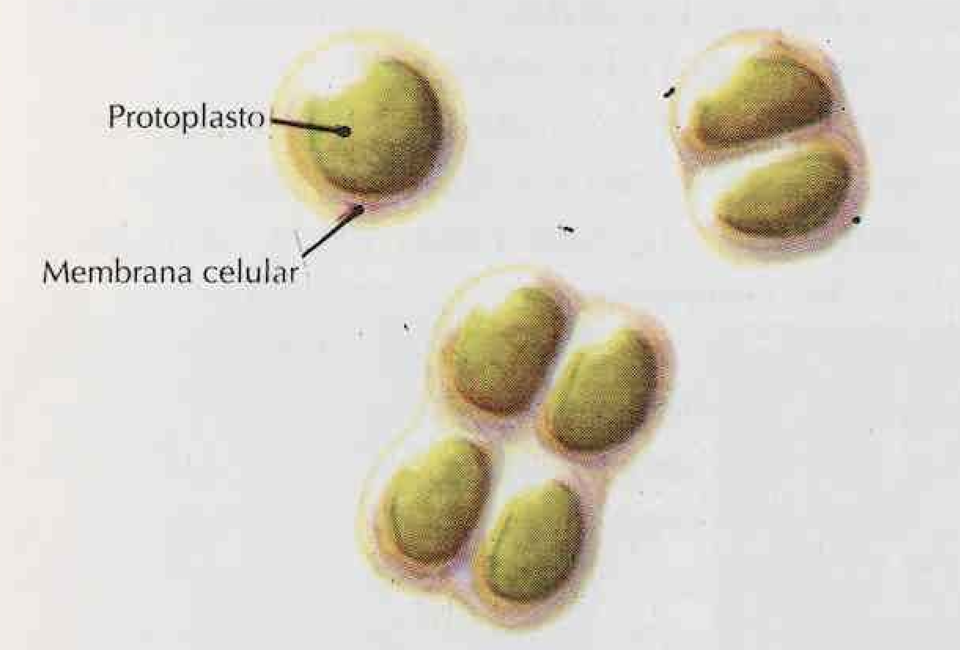


Fig. 3.- Esquizofícea *(Chroococcus)* libre y formando colonias de dos y de cuatro individuos.

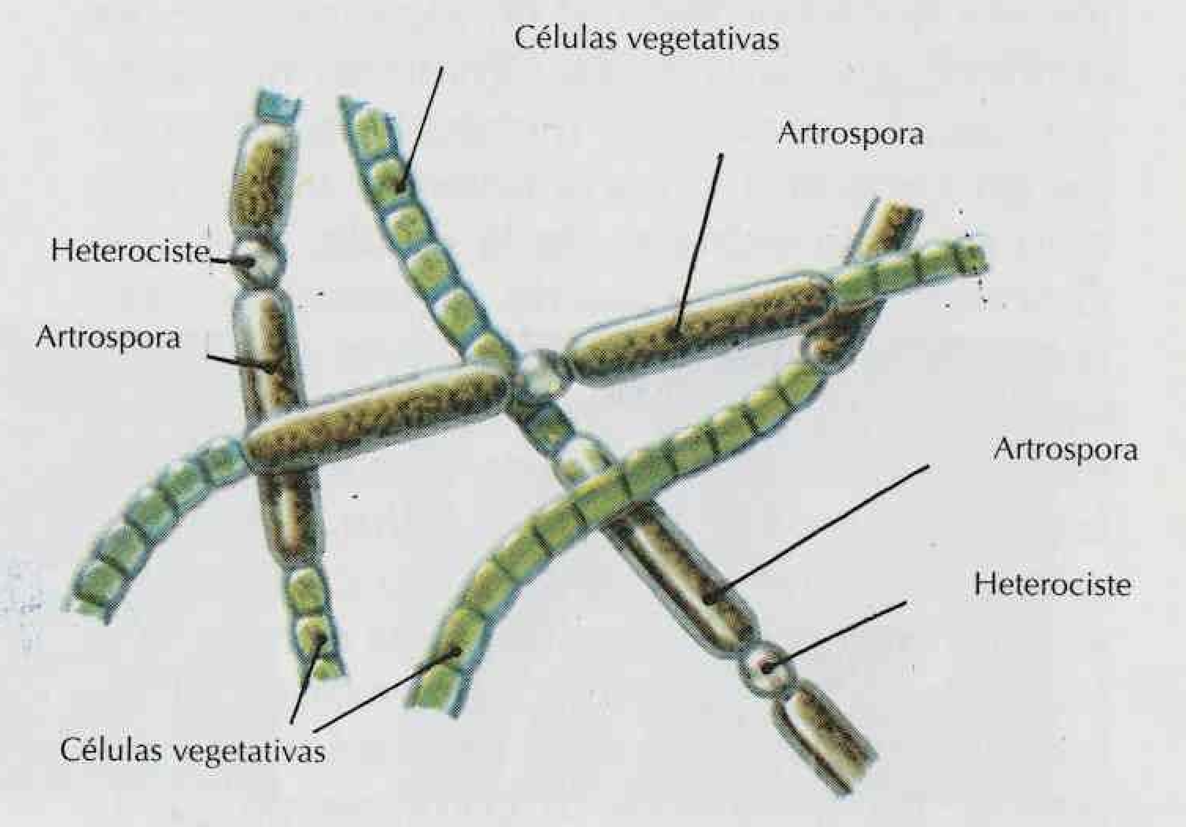


Fig. 4.- Esquizofíceas con heterocistes y astrosporas.

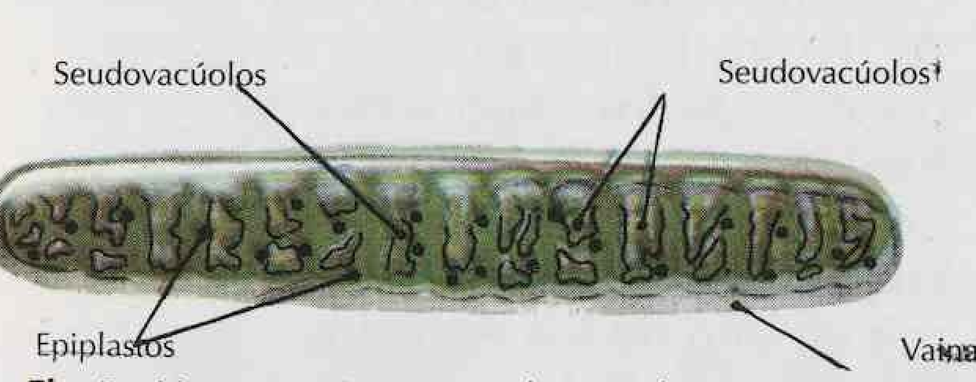


Fig. 5.- Hormogonio con seudovacúolos y epiplastos.

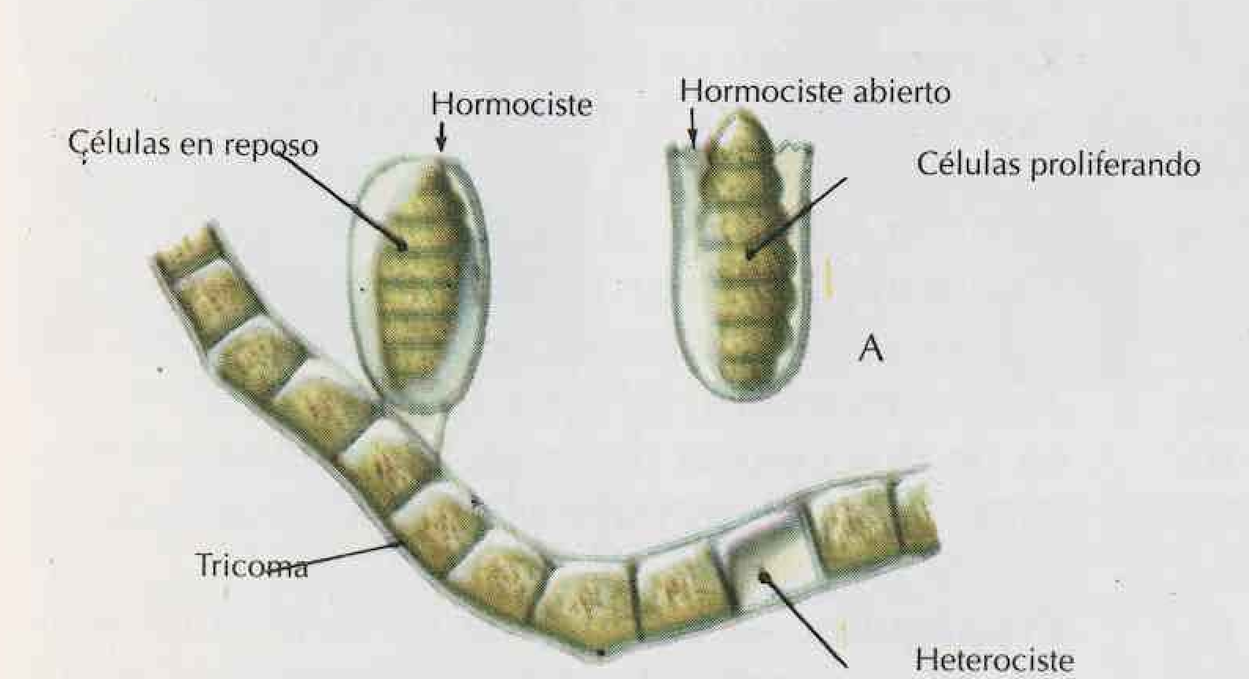


Fig. 6.- Esquizofíceas con un homociste. En A, hormociste desprendido, abierto y germinando.



Fig. 7.- Agrupamiento de tricomas de *Rivularia* (flor de agua) adheridos por sus vainas.

Clase 2.ª Esquizomicetes

Los *Esquizomicetes* o *Bacterios* son de organización todavía más sencilla que las Esquizofíceas. Viven libres o formando agrupaciones diversas. Su forma es varia: arqueada o ensortijada, *vibriones o espirilos,* respectivamente; en bastoncito, *bacilos;* filamentosa, *espiroquetos. Su* tamaño oscila desde algunas décimas de μ, como *Escherichia coli,* hasta 65 μ, en *Bacillus buetschlii.* En algunas especies que forman colonias filamentosas, éstas llegan a medir de 500 a 600 μ de longitud.

Estructura. — El citoplasma es fundamentalmente semejante al de las Esquizofíceas y también al de las plantas superiores. Está constituido por ácido ribonucleico y complejos ribonucleoproteicos. En algunas especies contiene *gránulos metacromáticos,* formados por sustancias ricas en metafosfatos, dispuestos en cadenitas o constituyendo un corpúsculo en cada extremo de la célula, tomando el nombre, en este caso de *corpúsculos bipolares.* En otras especies contiene orgánulos semejantes a los cloroplastos y que contienen un pigmento, también verde, llamado *bacterioclorofila* o *bacteriofilina.* Además ,otros pigmentos carotinoides lo colorean de amarillo o de rojo, siendo el más conocido la *bacteriopurpurina* o *bacterioeritrina;* otros, los antociánicos, lo tiñen de violeta, y, por último, las *melaninas* lo colorean de pardo negruzco. Como material energético de reserva puede contener glucógeno, gránulos de azufre, de hidróxido férrico o magnésico, oxalato cálcico, etc. En todas las especies son muy abundantes los vacúolos (fig. 1), repletos de sustancias lípidas, tales como ácidos grasos, poliósidos, etc.

El aparato nuclear, más rudimentario que el de las Esquizofíceas, está constituido por ácido timonucleico organizado en elementos figurados o *gránulos de cromatina,* portadores del bagaje hereditario. Por cierto, del análisis químico cuantitativo del ácido timonucleico que entra en la composición del aparato nuclear se ha deducido recientemente un método infalible para el reconocimiento específico de los Bacterios. Las relaciones de los componentes de dicho ácido, adenina/timina, guanina/citosina y bases púricas/bases pirimídicas, son siempre iguales a la unidad; en cambio, la relación adenina+timina/guanina+citosina, cuyo valor oscila entre 0,4 y 27, tiene un valor distinto y característico para cada especie.

Las membranas pueden ser tres: la citoplasmática, la celular y la *cápsula.*

La primera está formada por un desplazamiento hacia la periferia y condensación subsiguiente del condrioma. Los mitocondrios contienen todo el equipo enzimático necesario para el metabolismo celular. Entre estos enzimas hay que destacar los *citocromos o enzimas respiratorios* constituidos por proteínas ricas en hierro. La membrana celular está formada por una red de mallas de proteína de 100 a 200 Å de diámetro, circunscribiendo alvéolos. La cápsula, que falta en muchos Esquizomicetes, está constituida por mallas de polisacáridos con relleno de polipéptidos. Debido a ello, la cápsula en contacto con el agua y otros líquidos se hincha, llegando a tener un grueso varias veces superior al diámetro de la célula. En las especies que forman colonias filamentosas, el conjunto de las cápsulas de las células constituye la vaina del filamento.

Formaciones citoplasmáticas muy características de ciertas especies libres y móviles son los *flagelos* (fig. 4). Son éstos unos latiguillos dotados de movimiento, compuestos de un *filamento axial* rodeado de una *vaina citoplasmática.* El filamento tiene origen en un cuerpo diferenciado del citoplasma (*corpúsculo basal, blefaroplasto,* etc.) en conexión o no con el núcleo. Su longitud es constante para cada especie; lo más corriente es que sean de 1/2 a 4 veces la longitud de la célula. Se mueven describiendo una superficie cónica a una velocidad de 10 a 50 vueltas/segundo. En los Esquizomicetes, el número y disposición de los flagelos obedece a tres tipos fundamentales: *monotríco,* el que consta de un solo flagelo (véase fig. 4); *lofotrico,* si consta de varios dispuestos en copete y situados en uno de los extremos o en uno de los lados de la célula, y *peritrico,* si tiene varios flagelos distribuidos por su periferia.

Reproducción. — Se verifica: 1.º, por esquizogonia, que es la fase normal en todos los Esquizomicetes; 2.º, por fusión de dos núcleos de dos células, al parecer, idénticas, constituyendo el ciclo *heterogámico,* muy frecuente en el pequeño grupo llamado de los Actinomicetales; 3.º, por fusión de los núcleos de dos células distintas, masculina y femenina, y que constituye el *ciclo sexual,* actualmente en estudio.

Propágulos. — La difusión se verifica en muchos Esquizomicetes por endósporas o exósporas. Las primeras pueden ser centrales o subcentrales (véase fig. 2), terminales o subterminales, siendo o no deformantes según su diámetro.

Otro medio de difusión son las *zoosporas,* es decir, esporas flageladas y, por lo tanto, mó-



Fig. 1.- Estructura semiesquemática de un Esquizomicete *(Bacillus).*

Fig. 2.- Esporificación de los Esquizomicetes: A, con endóspora central y subcentral; B, con endóspora terminal; C, con dos endósporas.

Fig. 3.- Bacterios del género *Cromatium* con pigmento rojo (bacteriopurpurina) y gránulos de azufre.

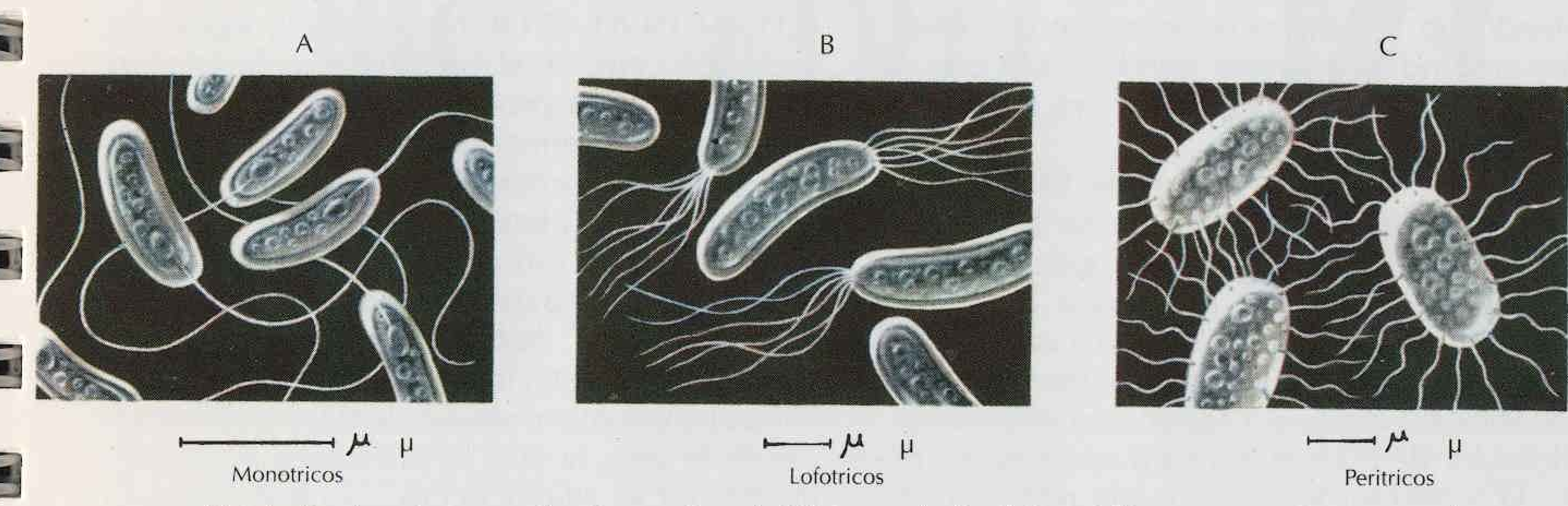


Fig. 4.- Esquizomicetes con flagelos motrices: A, *Vibrio metchnikovii;* B, *Spirillum serpens* y C, *Proteus vulgaris.*

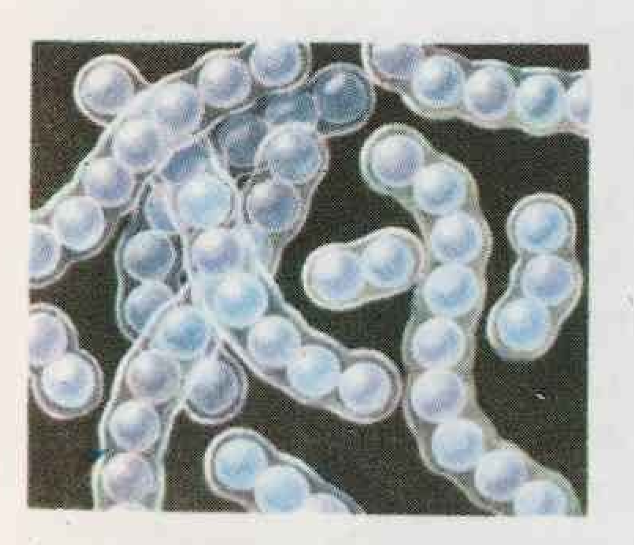


Fig. 5.- *Streptococcus pyogenes,* eubacterial causante de la septicemia. Aumento de 2.500 diámetros.

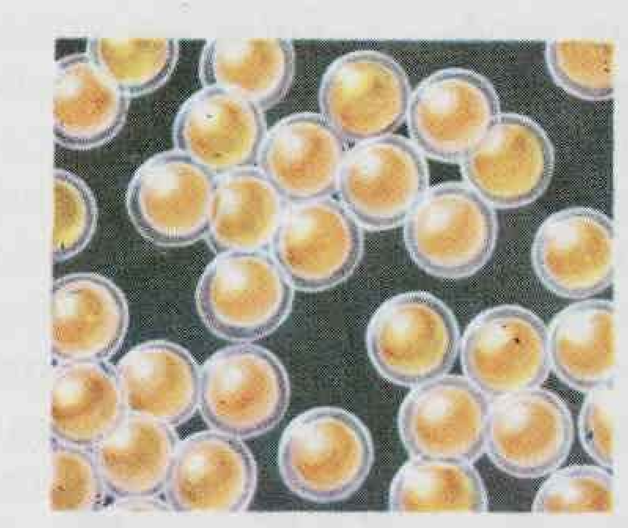


Fig. 6.- *Micrococcus aurantiacus,* eubacterial que vive en el agua estancada. Aumento de 2.500 diámetros.

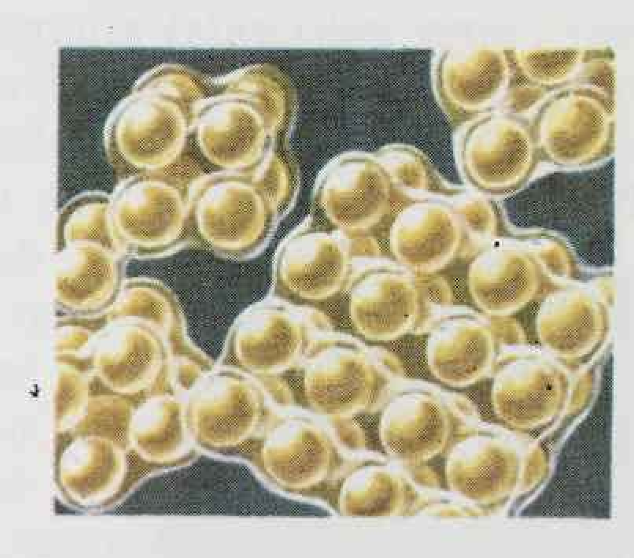


Fig. 7.- *Sarcina lutea,* eubacterial acuático que forma masas cúbicas y produce un pigmento amarillo. Aumento de 5.000 diámetros.

viles (lám. B/2, *fig. 4*). Cuando las condiciones ambientales son adversas para el organismo, entonces éste se contrae, se envuelve de una recia membrana, formada en el interior de la primitiva, y queda así en estado de vida latente y en espera de un cambio favorable del medio. Se ha formado una *ciste.*

Ecología y biología. — Entre los Esquizomicetes los hay autotrofos y heterotrofos. De los primeros podemos hacer dos grupos: *fotosintetizantes* y *quimiosintetizantes,* según que utilicen, como material energético para la síntesis de su materia orgánica, la luz solar o la energía de una reacción química exotérmica, provocada en el medio ambiente por su equipo enzimático. De los heterotrofos los unos son saprofitos, otros son simbiontes y otros son *parásitos* En el parasitismo, uno de los dos organismos queda perjudicado en beneficio del otro. Respecto al oxígeno, unos son *aerobiontes,* es decir, adaptados a la presencia de aquél, y otros son *anaerobiontes,* viviendo sin la presencia del mismo. Existen otros que indistintamente pueden vivir con o sin oxígeno, recibiendo el nombre de *anaerobiontes facultativos.*

Ejemplos. — Como ejemplos de Esquizomicetes fotosintetizantes hay que citar a los Tiobacteriales, que sintetizan sus glúcidos valiéndose del CO_2 y de la energía lumínica captada por la bacteriofilina, la cual puede estar enmascarada o no por la bacteriopurpurina. Pero así como en la función clorofílica el donador de H es el H_2O, en este caso es el SH_2. El S deshidrogenado queda retenido en forma de gránulos en el citoplasma.

Los quimiosintetizantes asimilan también CO_2 para la sintesis de sus glúcidos, provocando como manantial energético un fenómeno de óxido-reducción. Entre ellos tenemos los *sulfatizantes* o *sulfobacterios,* como el *Beggiatoa alba* (fig. 2) que valiéndose del O_2 atmosférico oxida el SH_2 del medio, dando H_2O y S, y oxidando, a su vez, este último, obtiene como productos resultantes H_2O y SO_4H_2. Los *nitrosificantes* o *nitrosobacterios,* que transforman el NH_3, en NO_2H, tales como *Nitrosomonas europaea, Nitrococcus, etc.* Los *nitrificantes* o *nitrobacterios* que, como el *Nitrobacter winogradsky,* convierten el NO_2H en NO_3H. Los *ferrificantes,* llamados también *ferrobacterios,* que como los *Leptothrix* y *Crenothrix* (figura 3), transforman el $FeCO_3$, en Fe $(OH)_3$, el cual se deposita en el citoplasma o impregna la vaina. Finalmente, hay otros, como el *Hydrogenomonas pantotropha,* el *Methanomonas methanica,* el *Carboxidomonas oligocarbophila,* que viven en aguas ricas *en* H, CH_4 y CO, respectivamente, y que los transforman en H_2O, CO_2+H_2O y CO_2.

Entre los saprofitos los hay aerobiontes y anaerobiontes. Los primeros provocan fenómenos de óxido-reducción de los glúcidos mediante el O_2 atmosférico, y los segundos producen los fenómenos de *fermentación* o de *putrefacción* según que ataquen a los glúcidos o a los prótidos, respectivamente. Entre los aerobiontes tenemos el *Azotobacter chrococcum,* que para asimilar el N atmosférico toma la energía necesaria oxidando los glúcidos del suelo, y *el Acetobacter aceti,* que para la misma asimilación, verifica la óxido-reducción del alcohol etílico (CH_3—CH_2OH) transformándolo en ácido acético (CH_3—CO-OH)y agua (transformación del vino en vinagre). Entre los anaerobiontes que producen fermentaciones, tenemos los de la *fermentación láctica,* tales como el *Lactobacillus acidophilus* y el *Streptococcus lactis,* que transforman la lactosa ($C_6H_{12}O_6$) en ácido láctico (CH_3—CHOH—COOH), es decir, agrian la leche; en cambio, el *Lactobacillus bulgaricus* interviene en la producción del «yoghourt». Otra clase de fermentación es la *butírica,* es decir, la transformación de los glúcidos en ácido butírico, alcohol butírico y otros productos (producción del queso), la cual es producida por varias especies de *Clostridium,* tales como el *C. butiricum, C. pasteurianum,* etc. Una fermentación especial es la conocida con el nombre de *fermentación amoniacal de la urea,* la cual es producida principalmente por el *Micrococcus uræ* que transforma la urea de la orina en carbonato amónico ($CO_3N_2H_8$), el cual se disocia en CO_2, H_2O y NH_3.

Entre los anaerobiontes que producen putrefacciones debemos citar el *Bacillus putrificus,* que ataca a los aminoácidos de las proteínas, descarboxilándolos o desaminándolos, originando productos tóxicos o malolientes, tales como el indol, escatol, cadaverina, etcétera, y liberando CO_2, NH_3 o SO_2.

Entre los Esquizomicetes simbiontes citaremos el *Rohizobium leguminosarum,* aerobionte, el cual para asimilar el N atmosférico se provee de la energía necesaria produciendo la óxido-reducción de los glúcidos de las plantas leguminosas. Vive en el interior de las raíces, donde provoca la formación de unos tuberculitos, llamados *bacteriocecidios* Al principio es un parásito de la planta, pero al degenerar y debilitarse es absorbido por los *bacteriocitos* o células donde está contenido, beneficiándose la planta del N acumulado en él.

Algunos son luminescentes, tales como el

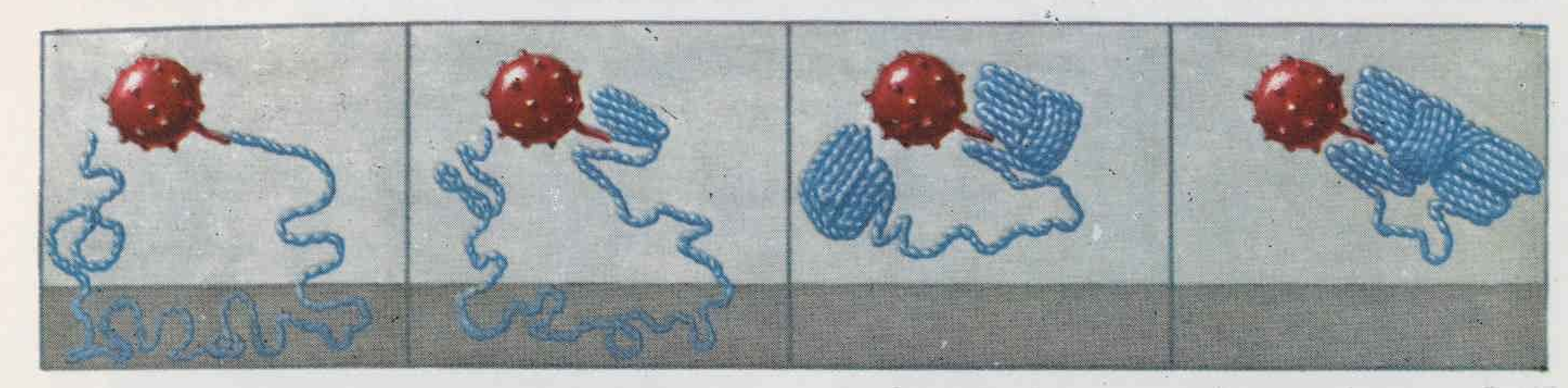


Fig. 1.- Representación gráfica, según Pauling, de la defensa de un organismo. Las proteínas (en azul), elaboradas por éste, bloquean la toxina (en rojo), anulando los grupos funcionales mediante los cuales ésta ejerce su acción nociva.

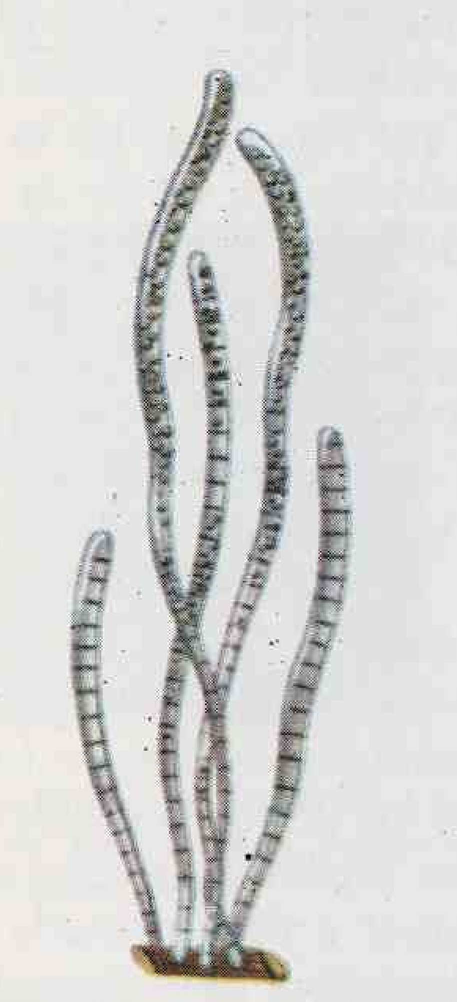


Fig. 2.- *Beggiatoa alba,* tiobacterial sin vaina, formando filamentos móviles y conteniendo granitos de azufre. Aumento de 350 diámetros.

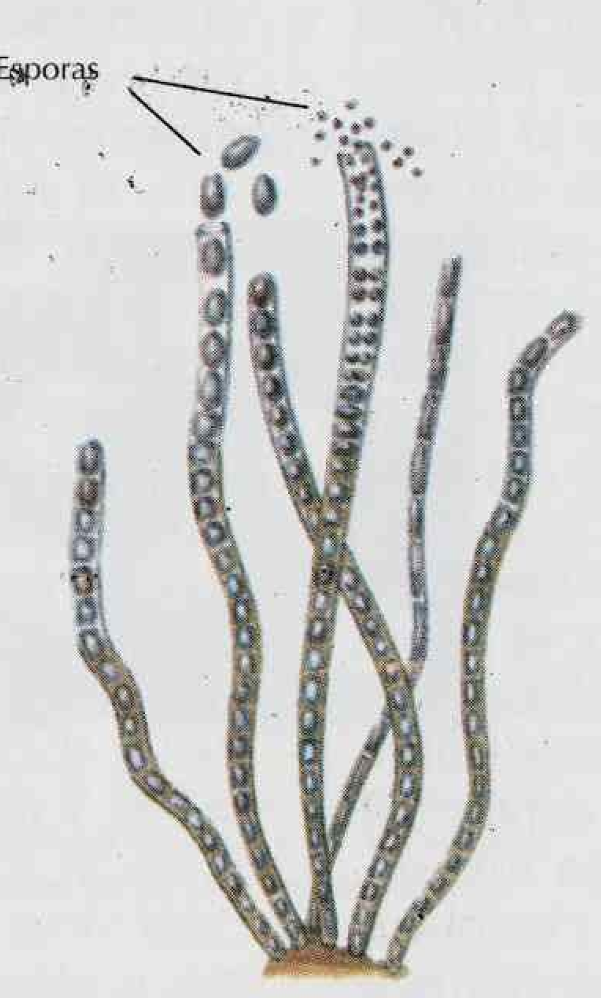


Fig. 3.- *Crenothrix* sp., clamidobacterial con la vaina parcialmente ferruginosa, que vive en las conducciones de agua.

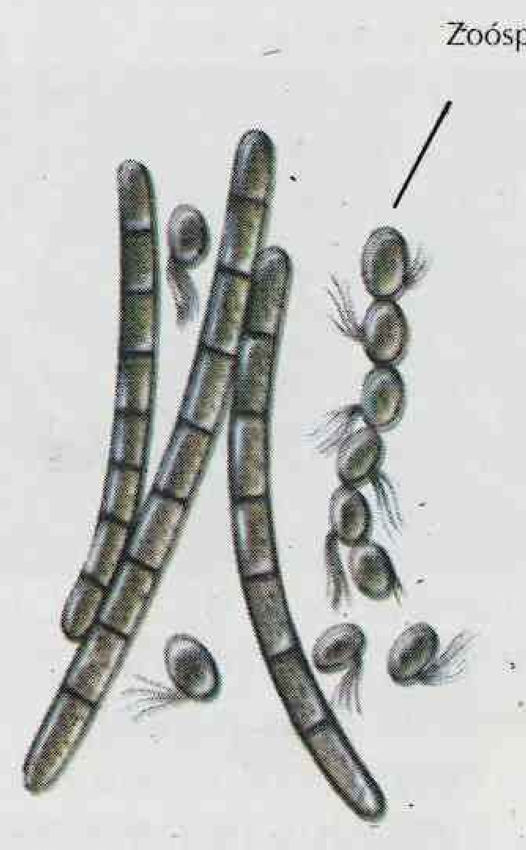


Fig. 4.- *Spaerolithus dichotomus,* clamidobacterial presentando la llamada falsa dicotomía. Aumento de 670 diámetros.

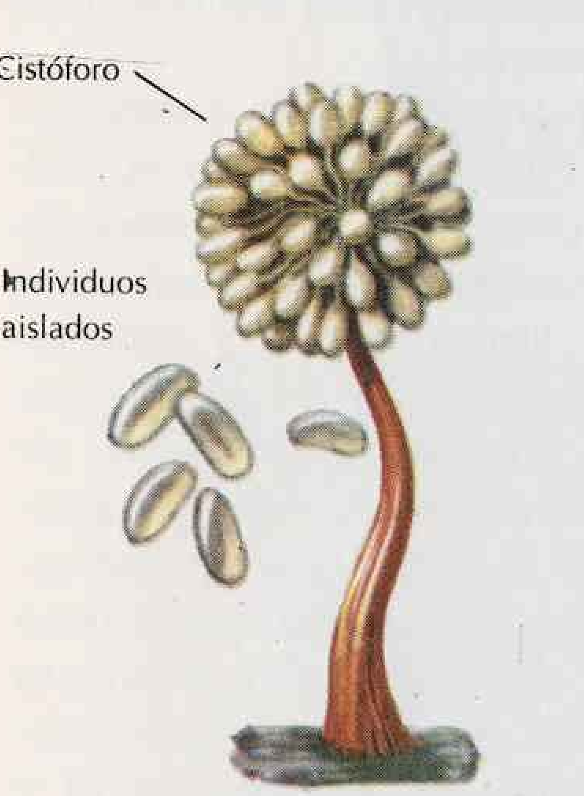


Fig. 5.- *Chandromyces pediculatus,* mixobacterial que vive en los excrementos. Aumento de 650 diámetros.



Fig. 6.- *Caulobacter* sp., caulobacterial que vive adherido sobre las plantas acuáticas.



Fig. 7.- *Treponema pallidum,* espiroquetal parásito del hombre. Aumento de 240 diámetros.

Bacteriurn phosphoreum y el *Seudomonas lucifera,* los cuales provocan oxidaciones lentas de ciertas sustancias llamadas fotógenas, cuya energía liberada es energía lumínica en su mayor parte.
Finalmente, entre los Esquizomicetes parásitos, que, en contra del sentir general, son los menos numerosos, unos atacan a los animales, otros a las plantas, y otros, al hombre. Entre los patógenos para los animales podemos citar el *Actinomyces bovis,* que produce la enfermedad llamada *actinomicosis de los bueyes,* y el *Pasteurella avisepta,* que ataca a las aves. De los que producen enfermedades en las plantas mencionaremos el *Erwinia amylivora,* que produce fenómenos de marchitamiento, el *Actinomyces alni* y el *Phytomonas tumefaciens,* que producen tumores en los árboles. Entre los que son patógenos para el hombre debemos citar el *Mycobacterium tuberculosis* de la tuberculosis, el *Streptococcus pyogenes* de la septicemia (véase lám. B/2, fig. 5), *Eberthella typhosa* del tifus, *Clostridium tetani* del tétanos, el *Corynebacterium diphterieœ* de la difteria, el *Klebsiella pneumoniœ* de la bronconeumonía, el *Vibrio coma* del cólera, el *Treponema pallidum* (véase lámina B/3, fig. 7), Las sustancias elaboradas por los Bacterios patógenos dentro del organismo que parasitan, se llaman toxinas. Son compuestos bioquímicos muy complicados, formados por aminoácidos en número determinado según la especie; así, la toxina diftérica contiene 13 aminoácidos, la betulinica 19, etc. Se distinguen de los tóxicos inorgánicos (venenos) y de los alcaloides (drogas) en que son *antígenos,* es decir, que inyectadas en el organismo provocan la formación de sustancias proteicas especiales (véase lám B/3. fig. 1), llamadas genéricamente *anticuerpos,* que, envolviendo la toxina, anulan los grupos activos de la misma.

Grupos de filiación incierta

Rickettsiales. — Más diminutos, en general, que los Bacterios, tienen una longitud comprendida entre 0,3 μ y 2 μ, siendo la mayoría de unas 0,5 μ. Su forma es la de cocos, más o menos elipsoidales, y también de diplococos; algunos son filamentosos. Viven en el interior de ciertos Insectos y Arácnidos; la mayoría son sólo cultivables en tejidos vivos, por lo tanto, son parásitos intracelulares. Entre ellos hay que citar las *Rickettsias* que, como la *R. prowazekii,* agente del tifus exantemático, son patógenas para el hombre y ciertos animales, pero sin invadir los hematíes; las *Bartonelas,* que viven en los hematíes y producen enfermedades en los roedores, y la *verruga peruviana,* y, finalmente, las *Clamidozoáceas,* que producen, entre otras enfermedades, el tracoma y la psitacosis (fig. 1).
Perineumoniales. — Se presentan en forma filamentosa con nódulos y con ramificaciones que les dan un aspecto groseramente estrellado. Entre ellos podemos citar el *Asterococcus mycoides,* agente de la *Perineumonia bovina.* (fig. 2)
Virales. — Son tan diminutos que pasan a través de los filtros Berkfeld y sólo pueden observarse con ayuda del micrógrafo electrónico. Así, el de la viruela, que es uno de los mayores, mide 200 μμ (fig. 4), el de la rabia, 125, el *Fagus maximus,* 75, el de la fiebre amarilla, 25, y el de la poliomielitis, 16. En cuanto a su forma, es cuboide en unos, poliédrica en otros (aparentemente esferoidal), y algunos tienen la forma de mazo, de bastoncito, etc. Nunca son saprofitos, sino parásitos intracelulares y por lo tanto no cultivables *in vitro.*
Clases de virus.—Según sea el organismo atacado, se dividen en tres grupos: *fagos,* los de los Bacterios, *zoofagíneos,* los de los animales, y *fitofagíneos* los de los vegetales (figs. 3, 4 y 5). Un carácter bastante general es que cada virus suele atacar a determinada especie, y, algunos, solamente a determinados tejidos. Así, el de la viruela ataca solamente el tejido cutáneo *(virus dermatropo),* el de la rabia, los centros nerviosos *(virus neurotropo).* Una particularidad de los fitofagíneos es de ser cristalizables (fig. 8), como sucede con las moléculas inorgánicas .
Estructura. — Los virus constan esencialmente de una parte central de ácidos nucleínicos envuelta por proteínas. Son como supermoléculas nucleoproteicas, formadas por un gran número de aminoácidos y dotadas de un elevado peso molecular (el de la gripe tiene 680 000 aminoácidos y un p. m. de $100X10^6$ el de la poliomielitis, 69 000 aminoácidos y p. m de $10X\ 10^6$). También se sabe el número de átomos de algunos, como el del *achaparrado del tomate,* que consta de 750 000. Después de innumerables observaciones y análisis, Fraenkel-Conrat y Williams pudieron averiguar la estructura del virus *Marmor tabaci* (fig. 6), que consta de un cilindro central de moléculas de ácido ribonucleico, rodeado de una faja arrollada en hélice de más de 400 moléculas sencillas de proteína.

RICKETTSIALES

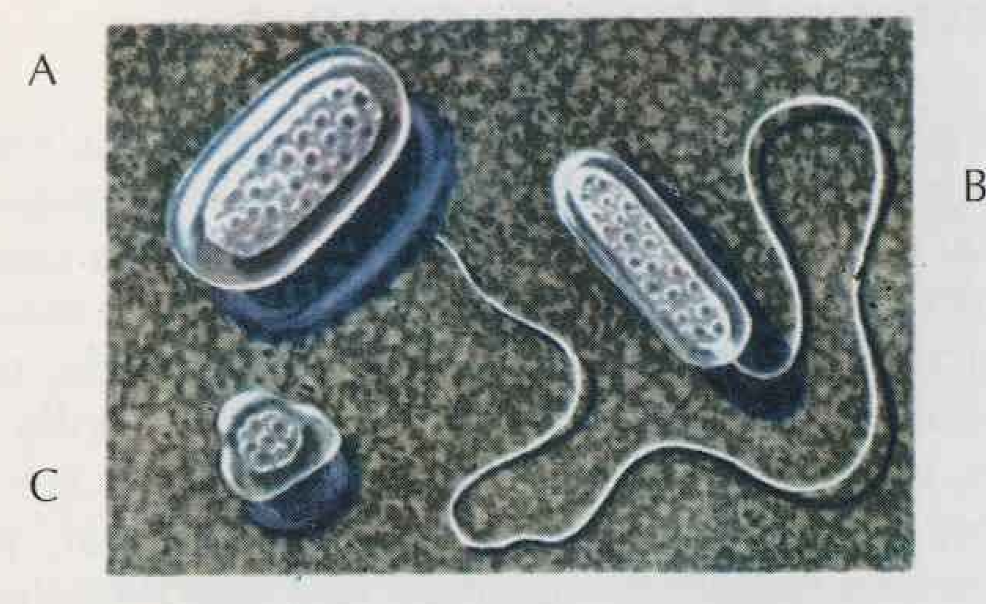


Fig. 1.- En A, una Rickettsia; en B, una *Bartonella,* y en C, una *Clamidozoácea.*

PERINEUMONIALES

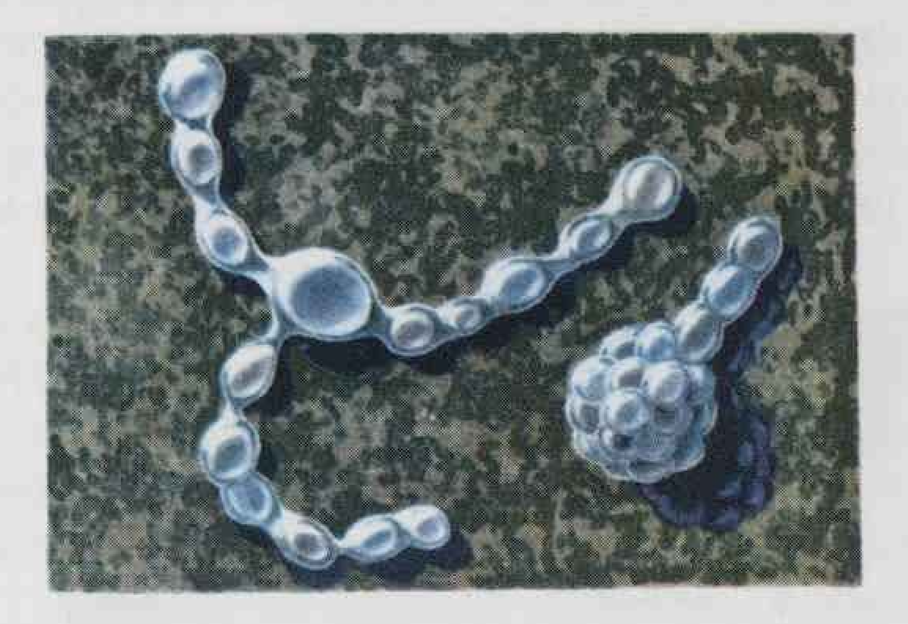


Fig. 2.- *Asterococcus mycoides,* agente productor de la perineumonía de los bóvidos.

VIRALES (VIRUS)

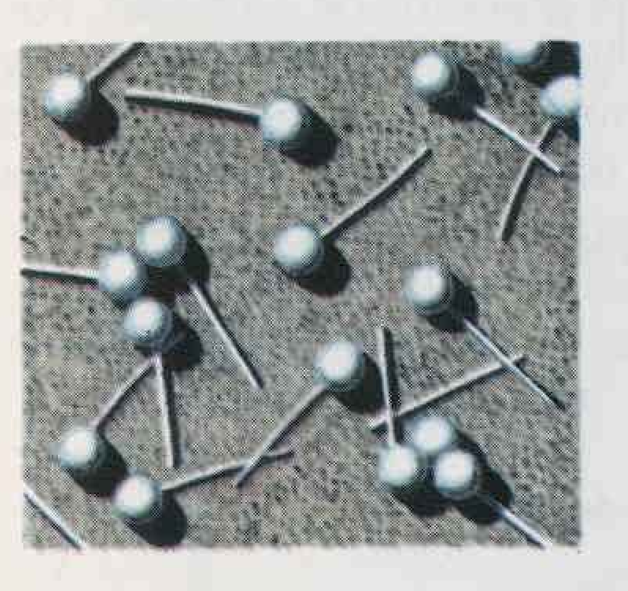


Fig. 3.- El *Phagus lacticala,* virus fagodestructor de bacterios. Aumento de 25.000 diámetros.



Fig. 4.- El *Barreliota variolae,* virus zoofagíneo causante de la viruela. Aumento de 25.000 diámetros.



Fig. 5.- El *Marmor tabaci,* virus fitofagíneo que produce el "mosaico del tabaco". Aumento de 18.000 diámetros.

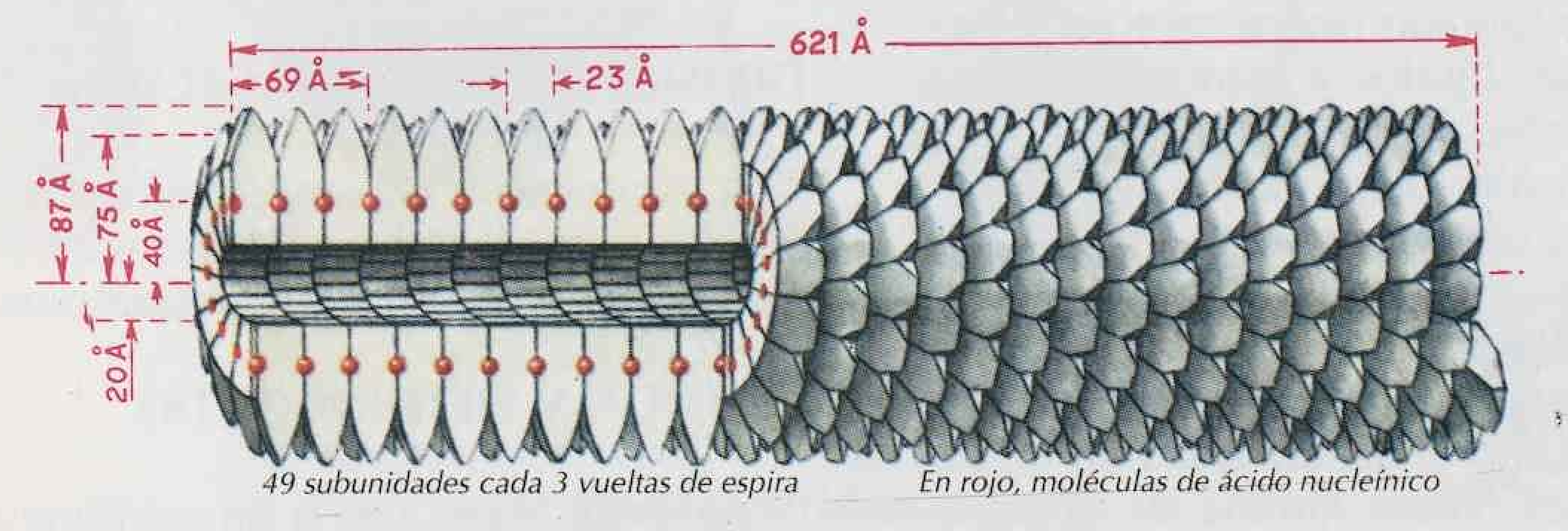


Fig. 6.- Estructura submicroscópica y dimensiones del viral *Marmor tabaci.*

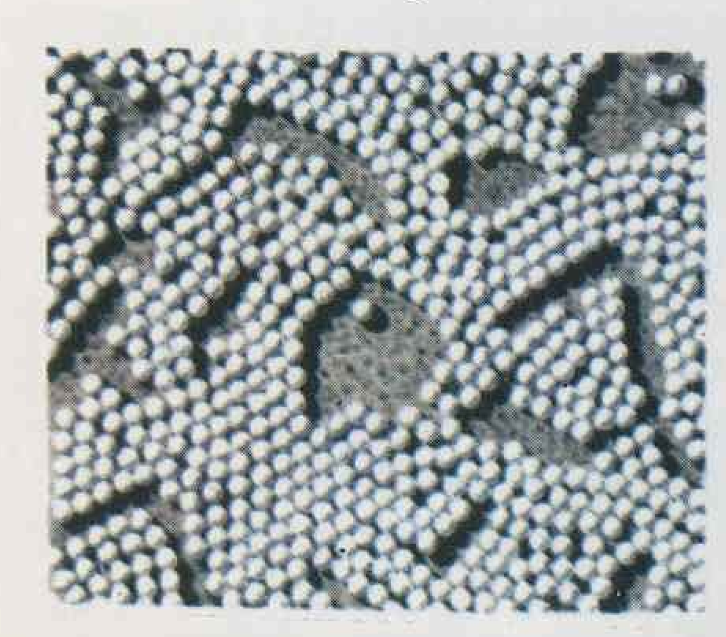


Fig. 7.- Virus causante del "achaparrado del tomate". Es uno de los virus más pequeños. Aumento de 50.000 diámetros.

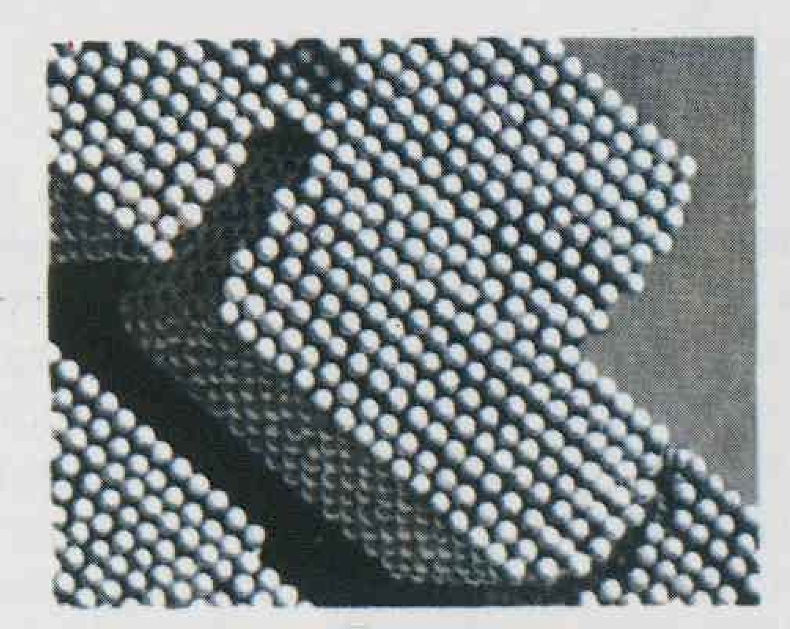


Fig. 8.- virus causante del "mosaico de la judía" completamente cristalizado. Aumento de 60.000 diámetros.

Grupo muy heterogéneo, cuyos individuos se hallan, en su mayor parte, en el límite de separación entre los animales más sencillos y las algas. Sus caracteres comunes son muy pocos: son unicelulares, están provistos de flagelos y poseen plastidios *(cromatóforos)*. Este último carácter los separa de los animales.
Los Monadófitos se clasifican en 5 divisiones: *Flageladas*, o *Flagelofíceas, Crisofíceas, Dinoflageladas* o *Peridíneas, Silicoflageladas* y *Heterocontas* o *Xantofíceas.* Todos ellos son vegetales acuáticos, marinos y planctónicos la mayoría.

DIVISIÓN I. FLAGELADAS

Organismos libres o formando colonias. Algunos emiten *seudópodos,* expansiones contráctiles y cambiantes del citoplasma. Poseen de 1 a 4 flagelos, aunque temporalmente pueden faltar. Plastidios en número y coloración variable (véase fig. 2). Núcleo bien diferenciado y con nucléolo. Uno o dos *vacúolos pulsativos,* dotados de contracciones rítmicas, situados cerca de la base de los flagelos y que sirven para la expulsión del agua. En algunos casos aquéllos vierten su contenido en otros vacúolos inertes, llamados *púsulas* (véase fig. 2). A veces poseen un *estigma,* orgánulo de color rojo intenso debido a los carotinoides y de función fotorreceptora. Materiales de reserva: lípidos y gránulos de *paramilo,* glúcido semejante al almidón. Multiplicación por división longitudinal. Perdurabilidad por cistes. Pueden ser autótrofas, saprofíticas y parásitas.
Consideradas filogenéticamente, las *Flageladas* constituyen un haz heterogéneo del cual probablemente han derivado todos los demás grupos vegetales (véase lámina de la portada).

DIVISIÓN II. CRISOFÍCEAS

Organismos libres o en colonias, a veces filamentosas con o sin membrana celular, algunas con caparazón de piezas calcáreas (fig. 5), llamadas *cocolitos*, Cuando existe la membrana celular o un caparazón, la motilidad se verifica mediante flagelos, cuando no, se verifica por seudópodos. Poseen uno o varios cromoplastos de color pardo o amarillento. Materiales de reserva: gotitas de aceite, de grasa y corpúsculos de *leucosina,* glúcido químicamente poco conocido. Multiplicación por división simple. Propagación por zoósporas o por cistes endógenas de membrana silicificada. Organismos autótrofos.

DIVISIÓN III. DINOFLAGELADAS

Organismos libres o formando colonias en cadena. Asimétricos, con un caparazón *(estema)* de naturaleza celulósica y formado por dos casquetes (vease figs. 7 y 8) o por un mosaico de plaquitas, de superficie perforada, o esculturada por aguijones (fig. 8), alas, collares, etc. El caparazón suele presentar dos surcos: uno, longitudinal, en la cara ventral, y otro ecuatorial; en su cruce hay dos flagelos que se alojan en cada uno de ellos. Cloroplastos laminares pardoamarillentos, con un pigmento rojo, llamado *pirrofila,* y con pirenoides rodeados de gránulos de almidón. Poseen púsulas. Multiplicación por cariocinesis elemental, regenerando el caparazón una de las células hijas o bien ambas. Perdurabilidad por cistes. Propagación, a veces, por zoósporas. Existen especies luminescentes.
Las Dinoflageladas se dividen en dos clases: las Adiniferídeas y las Diniferídeas.

Clase 1.ª Adiniferídeas
Sin surco (fig. 6).

Clase 2.ª Diniferídeas
Con dos surcos (figs. 7 y 8).

DIVISIÓN IV. SILICOFLAGELADAS

Con esqueleto o caparazón silíceo (figura 9). Provistas de flagelos y de cromatóforos pardoamarillentos. Son todas organismos libres.

DIVISIÓN V. HETEROCONTAS

Organismos libres, con o sin membranas, a veces formando filamentos; en el primer caso, la membrana está dividida en dos piezas; en el segundo, el organismo es ameboide; la membrana es de naturaleza péptica. Cromoplastos en número variable, verdeamarillentos y sin pirenoides. Materiales de reserva: lípidos y leucosina. Poseen uno o varios núcleos y dos flagelos. Reproducción por unión de dos células *(gámetas)* iguales, llamada *isogamia,* o por unión de un gámeta móvil (masculino) con otro inmóvil (femenino), llamada *heterogamia.* Perdurabilidad por zoóporas, por *aplanósporas,* es decir por esporas con membrana resistente formada en el seno de la célula madre (figura 10) o por *acinetos,* es decir, cuando todo el contenido de la célula se transforma en una espora.



División I. Flageladas

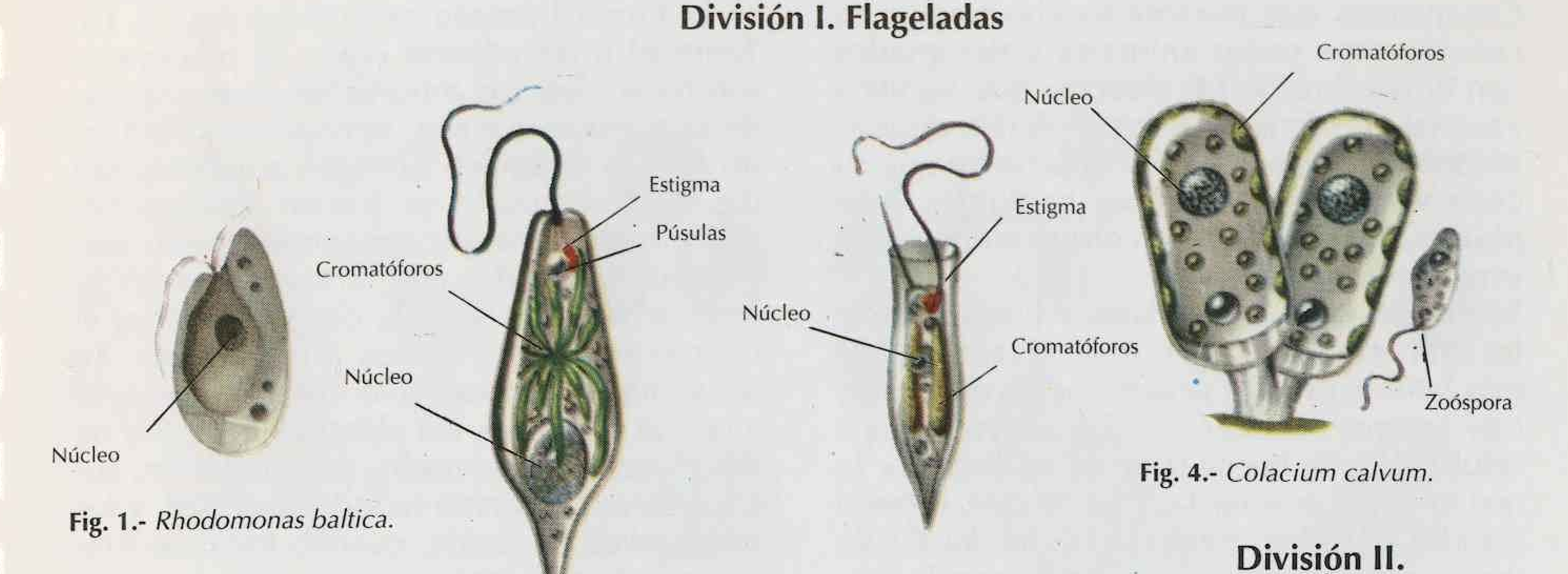


Fig. 1.- *Rhodomonas baltica.*

Fig. 2.- *Euglena viridis.*

Fig. 3.- *Dynabryon sertularia.*

Fig. 4.- *Colacium calvum.*

División II. Crisofíceas

Fig. 5.- *Syracosphaera pulchra.*

División III. Dinoflageladas

Clase 1.ª Adiniferídeas **Clase 2.ª Diniferídeas**

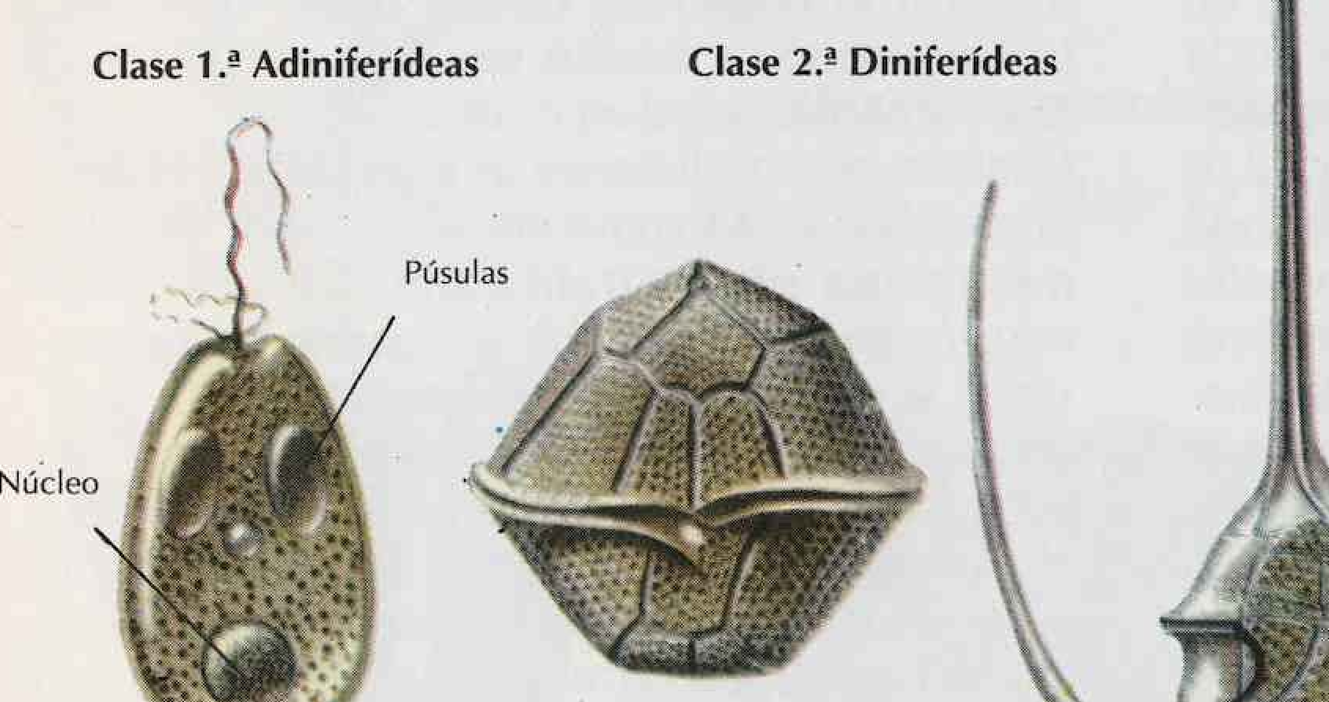


Fig. 6.- *Exuviella lima.*

Fig. 7.- *Goniodoma acuminatum.*

Fig. 8.- *Ceratium tripos.*

División IV. Silicoflageladas

Fig. 9.- *Distephanus speculum.*

División V. Heterocontas

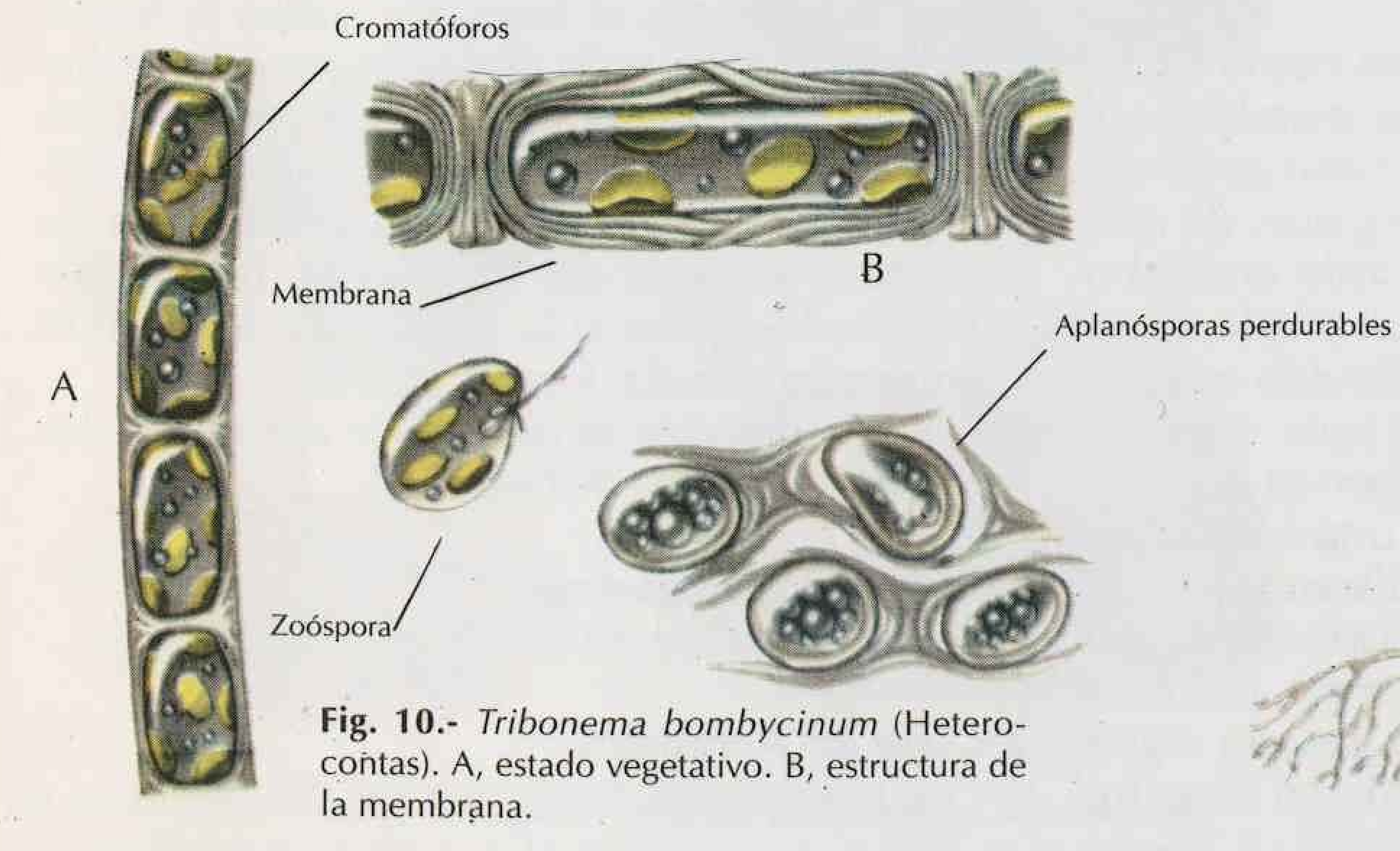


Fig. 10.- *Tribonema bombycinum* (Heterocontas). A, estado vegetativo. B, estructura de la membrana.

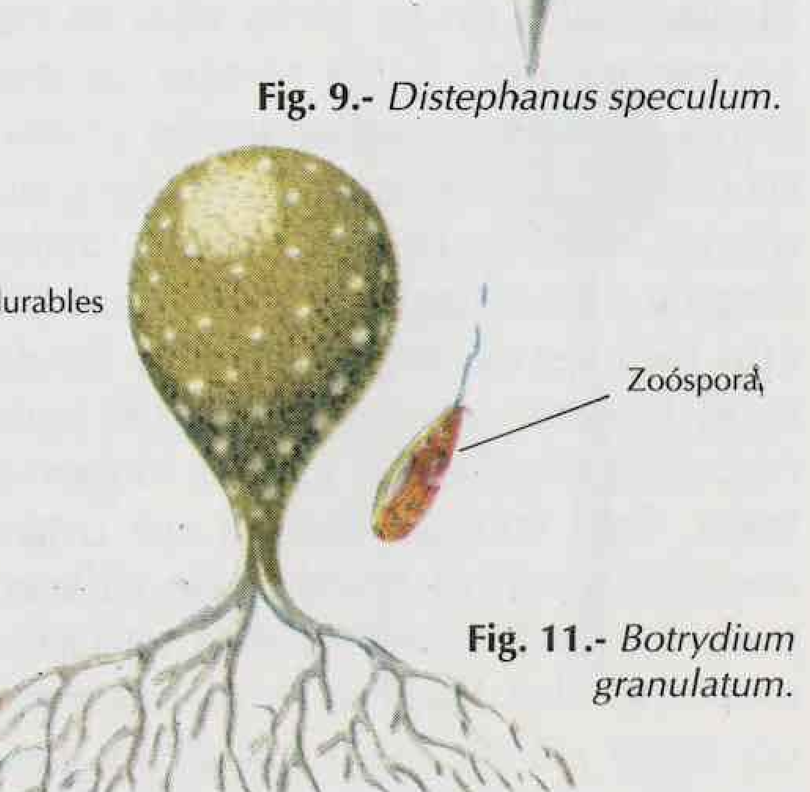


Fig. 11.- *Botrydium granulatum.*

DIVISIÓN ÚNICA. MIXOMICETES

Organismos que durante mucho tiempo se consideraron como animales y designados con el nombre de Micetozoos, que significa «animal en forma de hongo». A raíz de posteriores investigaciones, al observarse que su ciclo vital presentaba fases haploides y diploides, no se dudó en considerarlos como verdaderos vegetales.

Son organismos unicelulares y libres durante las primeras fases de su existencia, reunidos más tarde en masas gelatinosas de estructura, casi siempre reticular. Carecen de membrana celular durante buena parte de su vida, por lo que su forma es irregular y cambiante, estando dotados de movimientos ameboides, los cuales verifican para su desplazamiento y para la captación del alimento. Más tarde, cuando fructifican, elaboran una membrana celular, formada por *queratina y* algo de celulosa. La queratina es una sustancia proteica muy compleja, con azufre, de composición no bien conocida y de aspecto córneo, que entra en gran parte en la formación de ciertos tejidos animales (epidérmico, pelos, uñas, cuernos, pezuñas, etc). Los Mixomicetes carecen de plastidios y de toda sustancia sintetizadora; por lo tanto, son heterótrofos saprofitos, existiendo alguna especie parásita. Reproducción isogámica. Multiplicación por esporas. Perdurabilidad por varias formas císticas. Ciclo vital dividido en dos fases, una haploide y otra diploide.

Son organismos acuáticos durante una parte de su existencia y medran en parajes húmedos y sombríos, donde se halla abundante materia orgánica en descomposición, principalmente materia vegetal.

La humedad les es necesaria, puesto que en caso contrario, por carecer de membrana protectora, estarían expuestos a perecer por desecación.

El desarrollo de su ciclo vital es como sigue. La espora (fig. 2, A) rompe su membrana y lanza al exterior un pequeño grumo gelatinoso de citoplasma con su núcleo, que, de momento, queda inmóvil. Más tarde emite un largo y único flagelo con el cual puede nadar con rapidez dentro del medio líquido que para él forman algunas gotas de agua o de rocío, depositadas en alguna oquedad del sustrato. Esta forma viene a ser una zoóspora, conocida con el nombre de *mixomónade* (figura 2, B). Su núcleo está situado cerca del extremo del flagelo y el extremo opuesto contiene un vacúolo pulsativo. Pasado algún tiempo, el mixomónade pierde su flagelo, desciende al fondo y tomando una forma irregular, repta por él, mediante seudópodos; es la forma llamada *mixameba* (fig. 2, C). Tanto el mixomónade como la mixameba son haploides. Las mixamebas, como verdaderas gámetas que son, se copulan, originando formas diploides llamadas amebozigotos (fig. 2, D), las cuales se dividen repetidas veces formando masas citoplasmáticas plurinucleadas, conocidas con el nombre de *plasmodios* (figuras 1 y 2, D), que vienen a ser el cuerpo vegetativo de los Mixomicetes. En ocasiones las mixamebas pueden dividirse antes de copularse. De plasmodios los hay de dos clases: los *plasmodios* de *agregación,* cuyas células conservan su individualidad, y los *plasmodios de fusión,* cuando todas se funden en una sola masa.

Una vez formado el plasmodio, como ser diploide que es, cambia de vida, sale del agua reptando por el sustrato por medio de seudópodos y busca un lugar húmedo y oscuro *(fototactismo negativo),* donde poder madurar. Los plasmodios suelen ser de color blanco, rojo, amarillo, pardusco, etc.

Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, el Mixomicete se recubre de una membrana pluriestratificada. Cuando esto ocurre, en la mixameba se tendrá un *microciste;* si ocurre en un plasmodio joven, será un *macrociste,* y en un plasmodio adulto, un *esclerocio.* Si las condiciones son favorables, el plasmodio adulto busca la luz *(fototactismo positivo)* y sufre un cambio total, formando un *cuerpo esporífero* o *esporangio,* llamado así por contener esporas (figs. 4 y 5). En su formación interviene toda la materia del plasmodio; parte de ella forma las esporas y el *capilicio,* filamentos queratínicos (fig. 3) que sirven para la dispersión de las esporas; la otra parte forma el *peridio* o parte externa del esporangio. Las esporas, al formarse, sufren la reducción cromática y de diploides se vuelven haploides. Los esporangios suelen presentar variadísimas formas y hermosos colores (fig. 4). Cuando se unen en masas, conservando la estructura reticular del plasmodio, forman los *plasmodiocarpos;* si la masa es de forma irregular e indefinida, forman *etalios.*

Los Mixomicetes se dividen en dos clases: las *Mixogastras* y las *Acrasiales.*

Clase 1.ª Mixogastras
Con plasmodios de fusión (fig. 4).

Clase 2.ª Acrasiales
Con plasmodios de agregación (fig. 5).

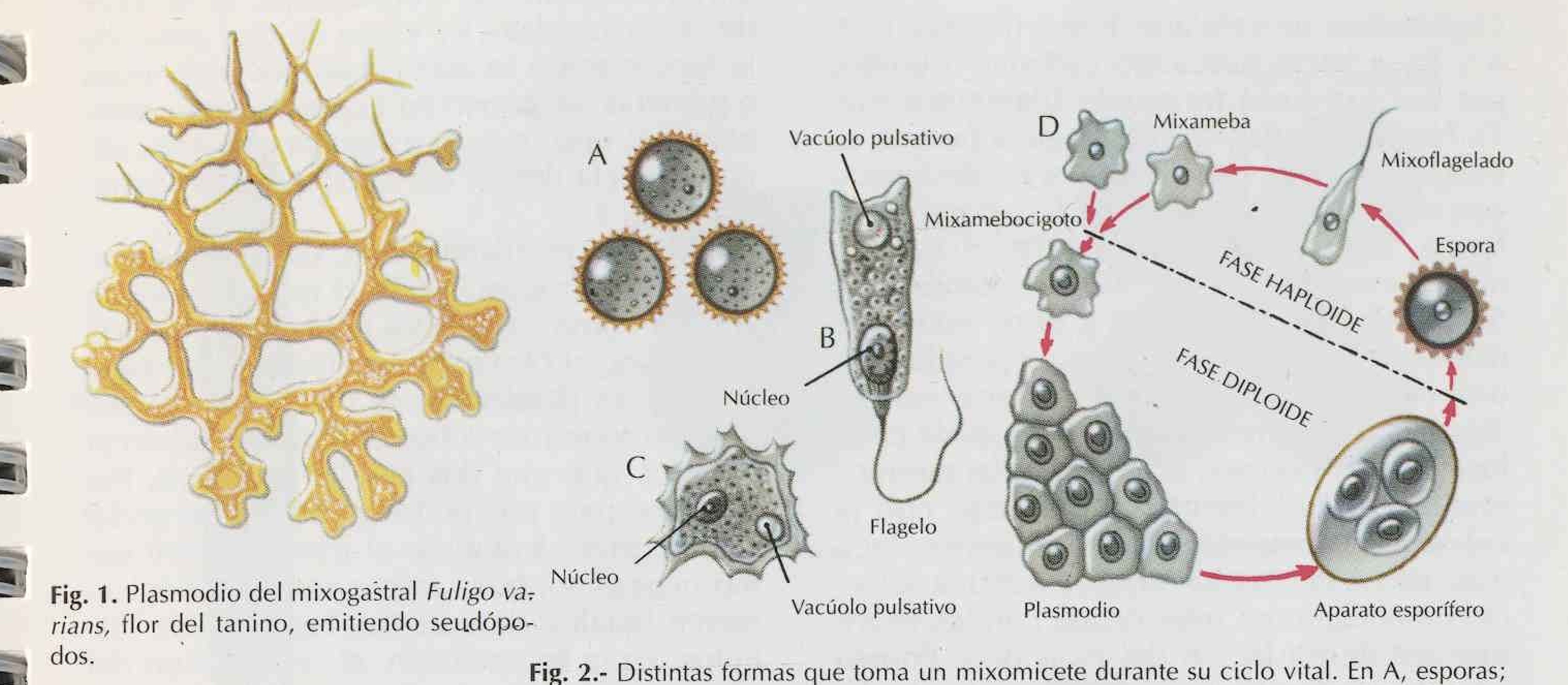


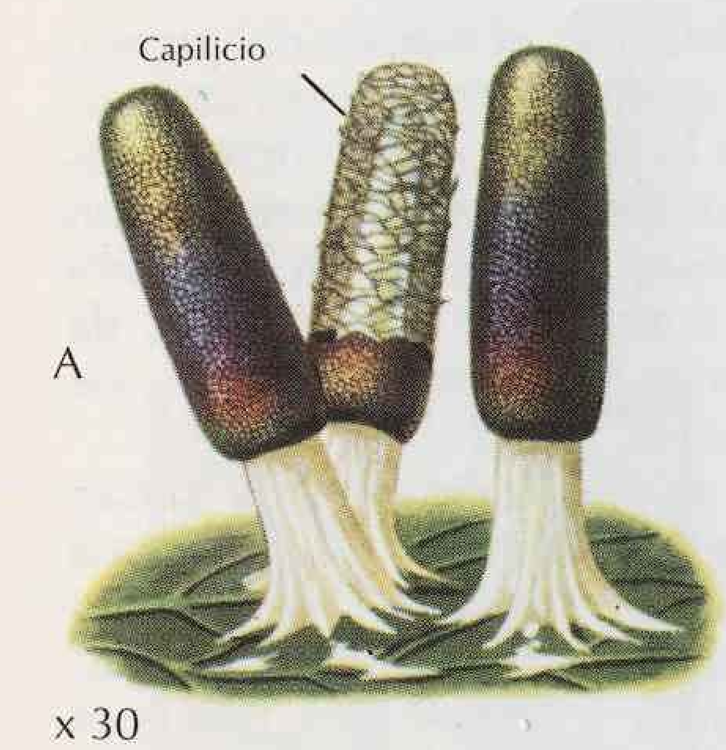
Fig. 1. Plasmodio del mixogastral *Fuligo varians,* flor del tanino, emitiendo seudópodos.

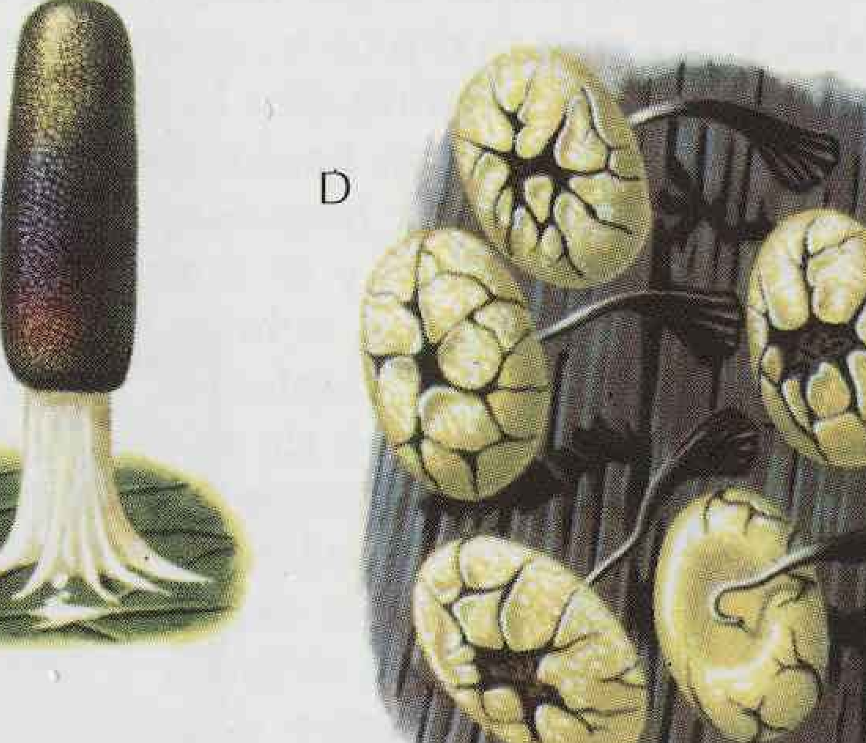
Fig. 2.- Distintas formas que toma un mixomicete durante su ciclo vital. En A, esporas; en B, forma de mixoflagelada; en C, forma de mixameba. En D, ciclo vital dividido en dos fases: una haploide y otra diploide.

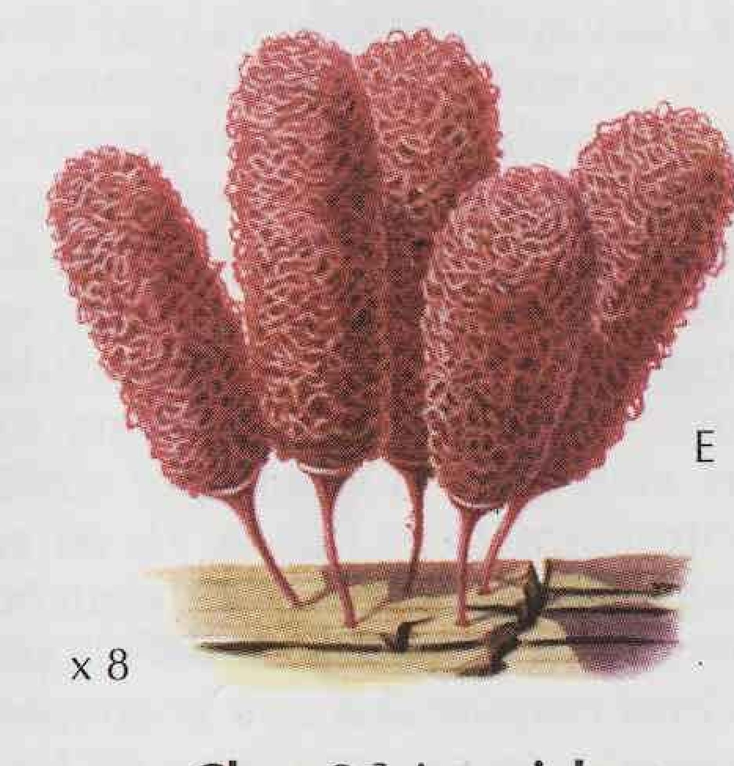
Fig. 3.- Eláteres de *Trichia.*

APARATOS ESPORÍFEROS DE ALGUNOS MIXOMICETES

Clase 1.ª Mixogastras







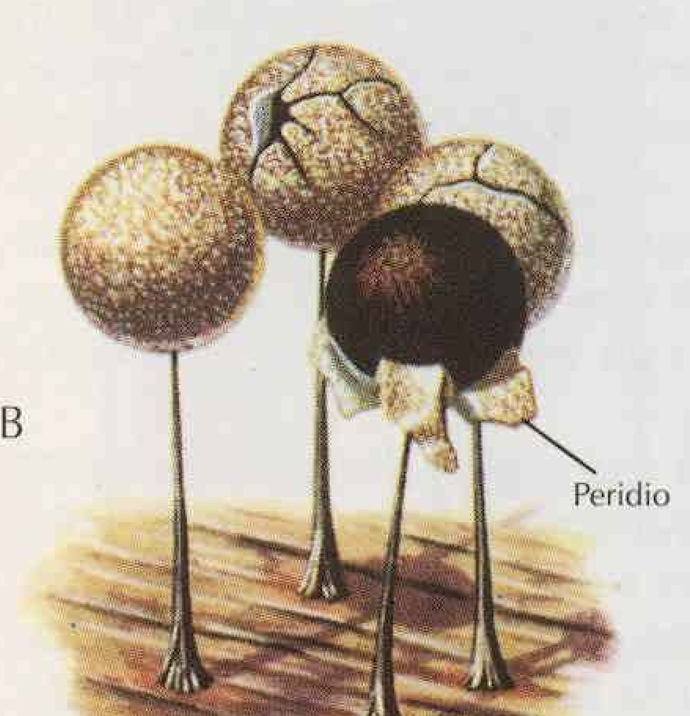




Fig. 4.- En A, de *Diachea leucopoda;* en B, de *Lamproderma arcyrionema;* en C, de *Physarum lateritium;* en D, de *Physarum viride;* en E, de *Arcyria denudata.*

Clase 2.ª Acrasiales

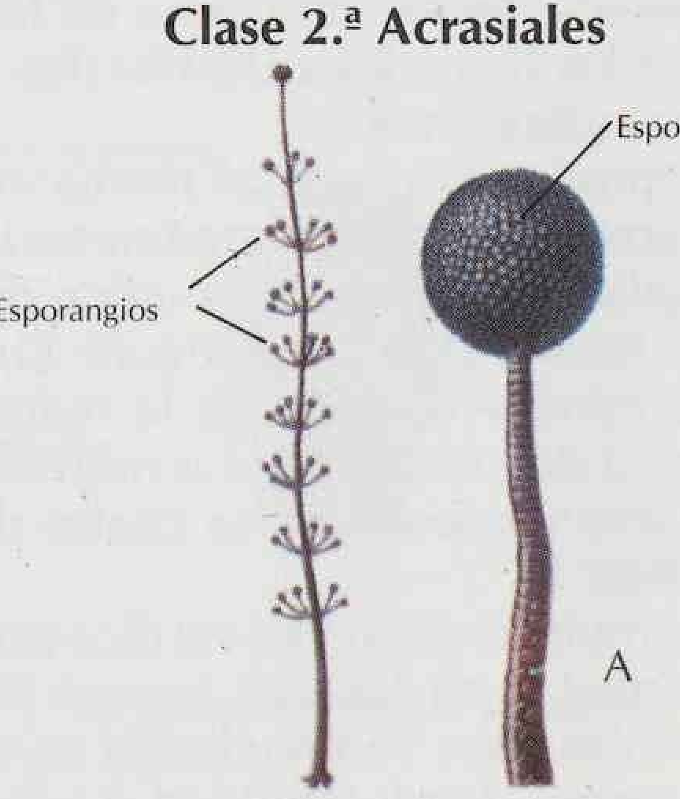


Fig. 5.- Aparato esporífero con esporangios de *Polysphondylium violaceum.* En A, detalle de uno de los esporangios.

DIVISIÓN ÚNICA. CONYUGADAS

Organismos unicelulares libres (figuras 1, 2, 4 y 5), a veces formando cadenas o unidos por sus extremos formando filamentos (fig. 7). No poseen flagelos en ninguna fase de su vida, por lo que también se les ha designado con el nombre de *Acontas.* En cuanto a su forma, unos son cilíndricos (figs. 1 y 7) de más o menos longitud, otros fusiformes (fig. 5), estrellados, lobulados, y otros están formados de dos mitades, *tecas,* separadas por una ceñidura, menos por su parte central (figs. 2 y 4). La membrana celular es de celulosa rica en pectosa, ácido poligalacturónico metilado parcialmente, combinado con la cal; puede presentar poros, aguijones, lacinias, etc. A veces está rodeada por una secreción mucilaginosa relacionada con los movimientos de traslación del individuo. Poseen un solo núcleo bien diferenciado, haploide, situado generalmente en el centro de la célula, tanto si es simple como si está formada por dos mitades, hallándose en estas últimas en el centro de la ceñidura (figs. 2, 4 y 5). Poseen plastidios o cromatóforos (uno solo o varios), grandes, de un verde intenso, debido a la clorofila, de forma muy diversa: cilíndrica, comprimida, laminar, rectangular, acintada, estrellada, etc., con pirenoides grandes y brillantes (fig. 8), rodeados de gránulos de almidón. El protoplasma contiene vacúolos en número variable, los cuales, a veces, ocupan todo o casi todo el lumen celular, de manera que el núcleo se halla como suspendido en el centro de la célula por sutilísimas bridas citoplasmáticas (figura 7); en cambio, otras veces los vacúolos son pequeños y situados en determinada región del citoplasma (fig. 6). Otros corpúsculos que se encuentran con frecuencia en el citoplasma de las Conyugadas son los llamados *carioides* (fig. 5), de naturaleza albuminoide.
Reproducción sexual mediante gámetas, al parecer iguales *(isogámetas),* no ciliados *(aplanogámetas).* De la unión de dos gámetas se forma un zigoto (figura 3), que cuando germina y después de la reducción del número de cromosomas o *meyosis,* da origen a cuatro núcleos, de los cuales degeneran dos o tres.
La multiplicación se verifica por cariocinesis normal y en las que forman filamentos, las células hijas van naciendo en sentido del filamento. Perdurabilidad y propagación por esporas inmóviles, sin flagelos, llamadas *acinetosporas,* y formadas por la célula entera, es decir, que un solo individuo da una sola espora. También pueden verificarlo por aplanósporas, pero ambas formaciones son muy raras entre las Conyugadas. El nombre de «Conyugadas» les viene de que antes de la fecundación se aproximan dos individuos o gámetas, se ponen en contacto y el contenido del uno, que se considera el masculino, se vacía dentro del otro, que es el femenino (fig. 3).
En las especies filamentosas, como por ejemplo en la *Spirogyra* (fig. 7), la reproducción se verifica como sigue. Dos filamentos se aproximan uno al otro pero sin entrar en contacto y se sitúan paralelamente (fig. 6). Poco después se forma un tubo, el llamado *tubo copulador,* que une dos células próximas. Por este tubo pasa uno de los gámetas a fecundar al otro, considerándose el gámeta móvil como masculino, pues ambos son morfológicamente iguales, aunque fisiológicamente distintos. En la fecundación, el cromatóforo del gámeta masculino se destruye y ambos núcleos se fusionan, llamándose *cariogamia* a esta función. Constituido de esta manera, el zigoto se recubre de una triple membrana y permanece en estado de reposo fisiológico durante bastante tiempo. En muchos casos, el zigoto también suele formarse en el tubo copulador.
Durante la germinación, el núcleo del zigoto, que es diploide, se divide dos veces consecutivas, dando, por lo tanto, cuatro núcleos, los cuales son haploides debido a la reducción cromática *(meyosis).* De estos núcleos, tres degeneran y el cuarto, por cariocinesis, da origen a las células del nuevo filamento, las cuales son haploides.
El fenómeno de la copulación puede variar, según las especies de *Spirogyra,* y se presenta bajo dos modalidades distintas: que el tubo copulador se origine en células de un filamento para alcanzar a las del otro, o que se verifique entre dos células contiguas de un mismo filamento. En el primer caso tendremos la *copulación escalariforme,* llamada así por la forma de escalera que presenta el conjunto, y en el segundo caso, la *copulación lateral.* Las células que contienen a los gámetas se les designa con el nombre de *gametangios.*
Las Conyugadas son esencialmente acuáticas y viven exclusivamente en las aguas dulces. Algunas especies son propias de las turberas, viviendo entre los esfangos, y otras, muy pocas, viven sobre la nieve de los países nórdicos.
Forman un grupo bien definido, con cierto parentesco con las Flageladas verdes y con ciertas *Clorofíceas* (vease lám. de la portada y láms. C/3 y C/4).

Cromatóforos
Núcleo

Fig. 1.- *Spirotaenia* sp.

Núcleo

Fig. 2.- *Cosmarium* sp.

Núcleo fusionándose
Zigoto
Membranas

Fig. 3.- Formación del zigoto de un *Cosmarium* por conyugación de dos individuos.

Núcleo

Fig. 4.- *Xanthidium fasciculatum.*

Vacúolos
Núcleo
Cromatóforos
Carioides

Fig. 5.- *Closterium moniliferum.*

Tubo copulador
Fecundación

Fig. 6.- Copulación en la *Spirogyra.*

Cromatóforos
Pirenoides

Fig. 7.- *Spirogyra crassa.*

Granos de almidón
Cromatóforo

Fig. 8.- Detalle de un pirenoide.

DIVISIÓN ÚNICA. BACILARIÓFITAS

Las *Bacilariófitas o Diatomeas* son organismos unicelulares, libres o formando colonias. Su forma general es variadísima, pero son siempre diminutas y sus dimensiones están comprendidas entre 2 μ y 0,4 mm.

Su membrana celular está constituida fundamentalmente por pectina, fuertemente impregnada de sílice, de modo que resiste la acción de los ácidos y bases fuertes; se le da el nombre de *frústulo*. Está constituida por dos partes o tecas, que encajan una en la otra como la tapa y el fondo de una caja de cartón. Cada teca (figs. 1 y 2) consta de una pieza lateral, la *pleura* o *banda conectiva,* que en la zona de yuxtaposición con la correspondiente a la otra teca forma el *cíngulo*. Normalmente a la pleura está la *valva,* pieza plana con poros y grabaduras. En algunos grupos la valva está recorrida por un surco, la *rafe,* que presenta un abultamiento en cada extremo y en la parte media, llamados, respectivamente *nódulos terminales* y *nódulo central*. La estructura silicificada consta de una superficie interna finamente agujereada, llamada *placa fundamental* (fig. 3), que lleva hacia el exterior unas placas, llamadas *líneas de engrosamiento,* que limitan áreas poligonales regulares y que hacia arriba presentan dilataciones que circunscriben espacios circulares. En muchos casos, envolviendo las tecas, existe una *cutícula* gelatinosa.

El citoplasma contiene uno, dos o varios cromotóforos de color pardo, que además de clorofila, contienen *diatomina* (complejo de pigmentos pardos: *ficoxantinas, filoxantina,* etc.) y pirenoides sin almidón. Uno o dos grandes vacúolos. Material de reserva: gotas de aceite y grasas. Núcleo diploide.

Multiplicación por división, según un plano paralelo a las valvas y con aparición de un centrosoma. Cada célula hija regenera la teca que le falta. Teniendo en cuenta que la teca que se regenera es la menor, se comprende que el tamaño irá disminuyendo en las generaciones sucesivas. Para compensarlo se verifica el fenómeno llamado *auxosporulación* (figs. 4 y 7), con modalidades distintas según la clase de Diatomeas. Consiste en que cada una de las células hijas abandona la teca materna, se rodea de una delgada membrana péctica, llamada *perizonio,* aumenta de volumen y regenera, por debajo del perizonio, el frústulo completo.

Reproducción en las *Céntricas* por isogámetas, llamados *micrósporas,* producidas por divisiones sucesivas del contenido celular (fig. 5) distribuido en dos *gametangios,* los cuales salen al exterior provistas de dos flagelos (fig. 6), luego se copulan dos a dos y forman zigotos tetraflagelados; cada zigoto se reviste de un frústulo y produce un individuo normal. En las *Pennales* la reproducción es sexual y se verifica comúnmente como sigue. Al aproximarse dos individuos (fig. 7) su contenido celular se divide en dos y su núcleo se divide dos veces consecutivas, dando como resultado la formación de 4 núcleos, 2 grandes y 2 pequeños; estos dos últimos degeneran. Aparece un tubo copulador que enlaza a los dos individuos, y los núcleos fértiles se fecundan con los del otro individuo. Inmediatamente se verifica la auxosporulación, quedando los dos individuos primeros aumentados de tamaño. Hay algunas variantes.

Perdurabilidad mediante una armazón o esqueleto silícico interno, llamado *cratícula,* eventual, formada y adosada debajo del frústulo. También pueden protegerse formando dos o más frústulos encerrados uno dentro del otro.

Motilidad por mucus expulsado por los poros y canalizado por la rafe; por lo tanto, las que carecen de ella son inmóviles

Las Diatomeas viven en las aguas marinas, dulces y salobres. Algunas son *atmofíticas,* es decir, viven en el suelo húmedo. La mayoría son planctónicas; otras son bentónicas y viven o fijas en los objetos sumergidos o deslizándose por el fondo. Algunas, muy pocas, son saprofíticas. Las *Diatomeas* se dividen en dos clases: las *Céntricas* y las *Pennales.*

Clase 1.ª Céntricas

Frútulo de forma discoidal o cilíndrico, con poros y estructura radiada o concéntrica. Sección circular, elíptica, poligonal o triangular. Sin rafe. Auxosporulación vegetativa. Reproducción por isogámetas (micrósporas) flagelados haploides.

Clase 2.ª Pennales

Frústulo de forma bacilar, simetría bilateral y estructura pennada. Con rafe; móviles según la dirección de la misma. Reproducción sexual isogámica. Marinas, dulceacuícolas y bentónicas; algunas son *epífitas* (viven sobre algas).

Las Diatomeas o Bacilariófitas tienen relación directa con las Flageladas pardas (véase lám. de la portada), sin relación alguna con otros grupos vegetales, ni sencillos ni superiores.

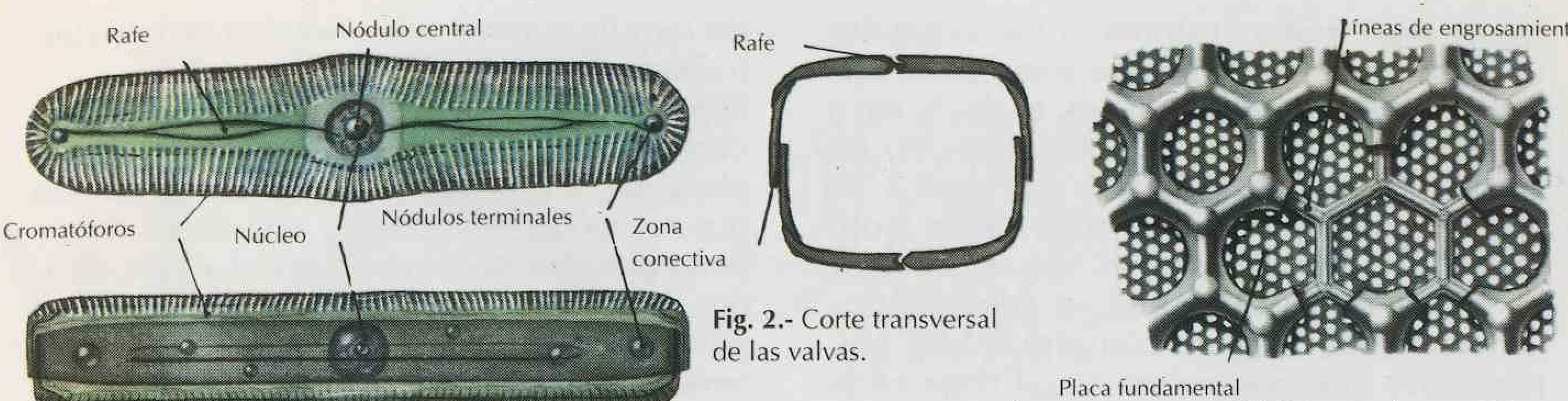


Fig. 1.- Nomenclatura de las diversas partes de una Diatomea *(Pinnularia viridis)*. En A, vista por su cara valvar; en B, por su cara conectiva.

Fig. 2.- Corte transversal de las valvas.

Fig. 3.- Estructura del frústulo de una Diatomea. Aumento: 850 diámetros.

Clase 1.ª Céntricas

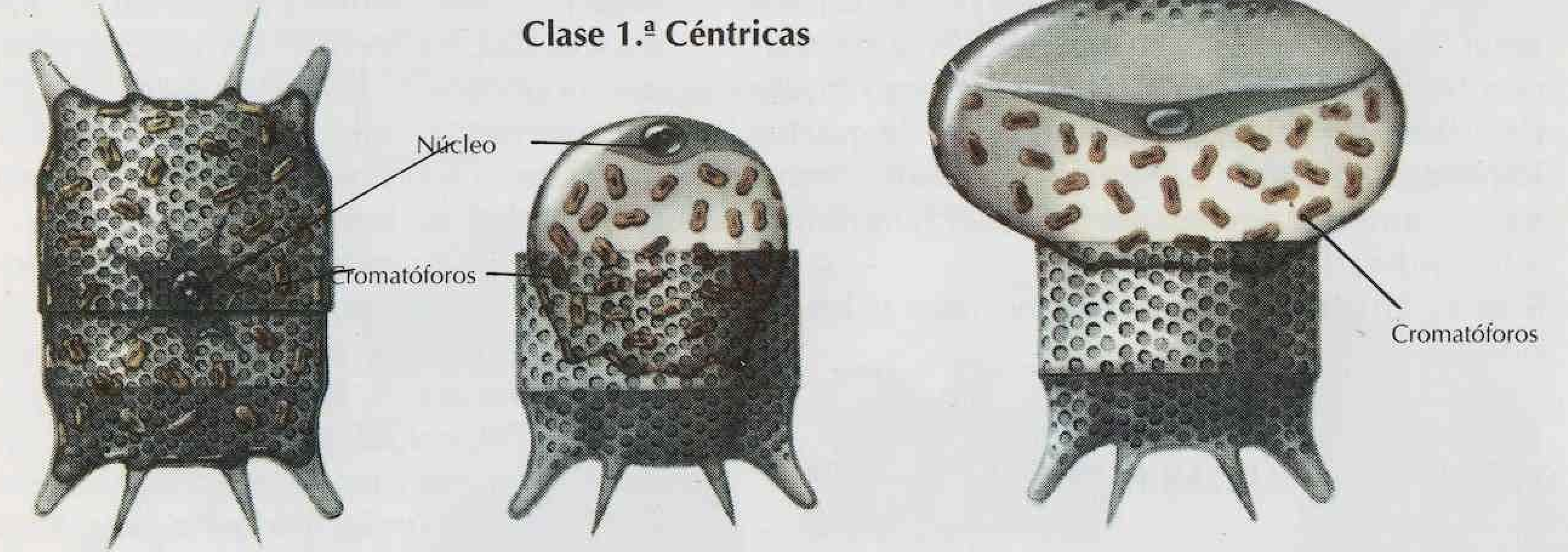


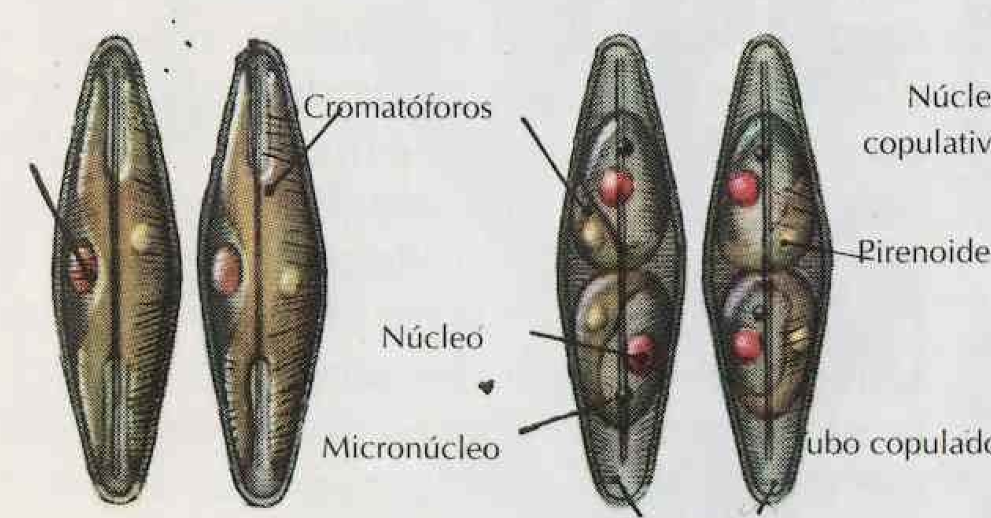
Fig. 4.- Auxosporulación en una *Biddulphia*.



Fig. 5.- Microsporulación en una *Biddulphia*.

Fig. 6.- *Biddulphia* formando esporas.

Clase 2.ª Pennales



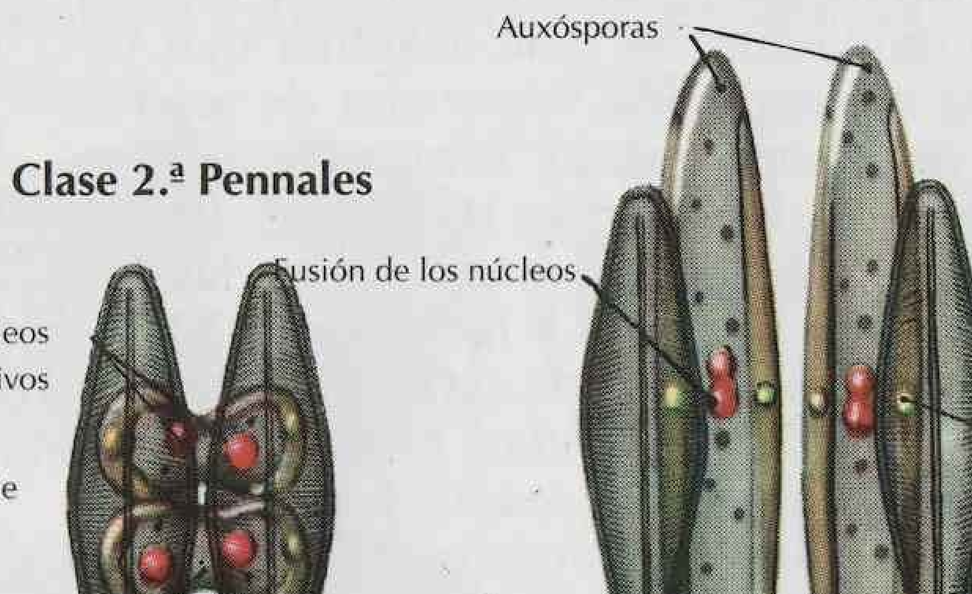




Fig. 7.- Reproducción sexual y auxosporulación subsiguiente en una Pennada (*Brebissonia*).

Tronco VI: Feófitos

Hasta aquí hemos estudiado los vegetales unicelulares, en los que una sola célula asumía todas las funciones vitales, es decir, era a la vez organismo vegetativo y elemento reproductor. Reproduciéndose a sí misma en un todo, la célula venía a ser, al menos teóricamente y descontadas las causas fortuitas, un ser inmortal. De ahora en adelante nos encontraremos siempre con organismos pluricelulares que más pronto o más tarde están destinados fatalmente a la muerte.

El talo. — Es la más sencilla agrupación celular que puede presentar el cuerpo de un vegetal. Carece de raíz, tallo y hojas y de tejidos bien diferenciados. En su máximo grado de diferenciación puede constar de partes llamadas *rizoides, cauloides y filoides,* morfológicamente semejantes, respectivamente, a los indicados órganos.
Son talófitos: las algas, los hongos y los líquenes.

DIVISIÓN ÚNICA. FEOFÍCEAS O ALGAS PARDAS

Talo pluricelular, filamentoso (fig. 1), foliar (fig. 4, A). laminar (figs. 2, A y 5, A), discoidal, etc., dispuestas las células en uno o varios estratos. En algunos grupos el talo muestra rizoides, cauloides y filoides (fig. 4, B). El tamaño puede variar de unos milímetros hasta 200 m en el *Macrocystis pyrifera* (fig. 4, B). Coloración verdeolivácea, pardoamarillenta o negruzca. Células uninucleadas con membranas de celulosa y pectosa, feoplastos discoidales de color pardo, pues además de clorofila contienen ficoxantinas. Vacúolos conteniendo *fucusana,* sustancia tanoide producto de oxidación de la ficoxantina que impregna el citoplasma. Materiales de reserva: gotas de aceite, grasas y *laminarina* (hexosana levógira). No siempre las células del talo tienen un aspecto uniforme; a veces las más externas son pequeñas y fuertemente coloreadas, y forman una *zona cortical;* las más internas son algo alargadas, con membranas cribosas, formando un seudotejido conductor o *zona medular.* El talo presenta, en ciertas especies, vesículas llenas de gas, llamadas *aerocistes* (fig. 5, A), que sirven para mantenerlo enhiesto dentro del agua, y pueden ser pediculadas, como en *Sargassum,* o no, como en *Fucus* (fig. 5, A), o a manera de boya en la base de los filoides, como en *Nereocystis.* El rizoide puede presentar, además de la forma normal, la de un disco adhesivo o la de ramificaciones con ventosas terminales, llamadas *hapterios.*

Reproducción. — Existen en las Feofíceas dos clases de reproducción: la asexuada o multiplicación, y la sexuada. La primera se verifica por zoósporas biflageladas, que nacen de esporangios *(zoosporangios)* uni o pluriloculados. La segunda se produce por isogámetas o por heterogámetas, y en este caso el gámeta femenino, macrogámeta, es de mayor tamaño que el gámeta masculino, *microgámeta* (fig. 2, C); ambos pueden ser móviles, mediante flagelos, o sólo lo es el masculino. En la heterogamia, los gámetas femeninos, *oosferas* u *ovocélulas,* se forman en esporangios llamados *oogonios,* y los masculinos, *anterozoides* o *espermatozoides,* en otros llamados *anteridios.* Los anteridios y oogonios pueden hallarse mezclados, formando grupos (fig. 2, C) o reunidos en grupos distintos, llamados *soros,* protegidos o no por una membrana (figura 3, B y C), o también en cavidades llamadas *conceptáculos* (fig. 5, B y E). En todos estos casos, las células sexuales se hallan protegidas por filamentos estériles, llamados *paráfisis* (fig. 5, B y C). La fecundación tiene lugar cuando un espermatozoide penetra en una oosfera, formándose entonces una *oóspora,* que, germinando, dará un nuevo ser.
Entre las Feofíceas las hay *monecas (monoicas),* cuando un mismo individuo lleva anteridios y oogonios, y *diecas (dioicas),* cuando sólo llevan anteridios u oogonios. Muchas de ellas poseen la llamada *generación alternante,* o sea, que si un individuo se reproduce asexualmente por esporas, da otros individuos hijos que se reproducirán sexualmente por gámetas; de ellos nacerán otros que se reproducirán asexualmente, y así sucesivamente. El primero recibe el nombre de *esporófito* y los segundos, el de *gametófitos.* El esporófito es diploide y los gametófitos son es haploides y, en muchos casos, morfológicamente distintos del esporófito. En unas especies el esporófito es desarrollado y vistoso, en cambio, el gametófito es pequeño, en otras sucede lo contrario (figs. 2, D y 4, C).
Las Feofíceas derivan filogenéticamente de las Flageladas pardas (véase lám. de la portada).

Utilidad. — Casi todas son ricas en yodo. Este elemento está contenido en ciertas células del talo *(células yodógenas),* que lo ponen en libertad bajo ciertos estímulos. Son, pues, útiles para la obtención del yodo, a pesar de que este elemento hace tiempo (1843) que se extrae del nitrato de Chile. Las más utilizadas son los *Fucus* y los *Halydris.*

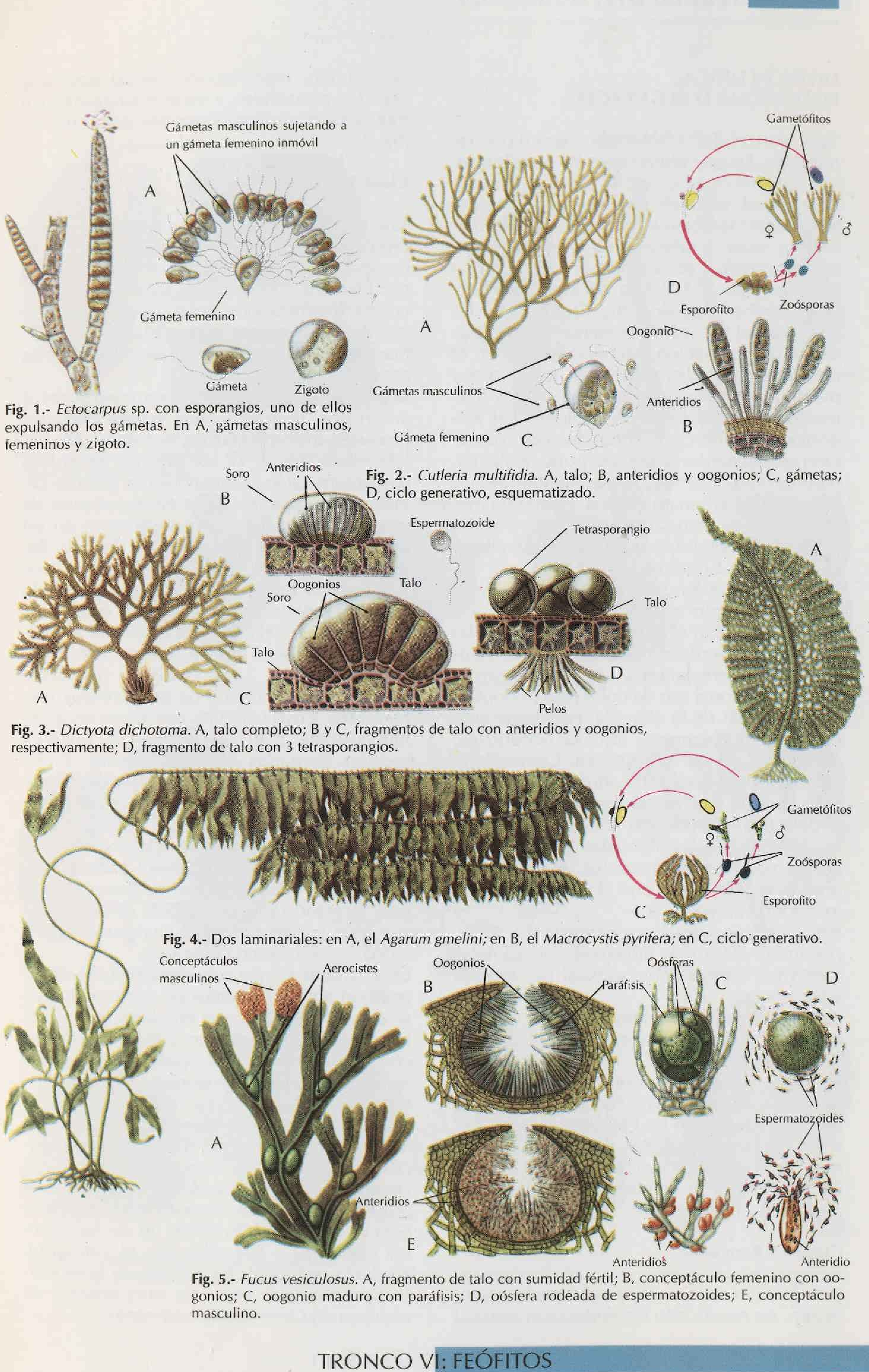


Fig. 1.- *Ectocarpus* sp. con esporangios, uno de ellos expulsando los gámetas. En A, gámetas masculinos, femeninos y zigoto.

Fig. 2.- *Cutleria multifidia.* A, talo; B, anteridios y oogonios; C, gámetas; D, ciclo generativo, esquematizado.

Fig. 3.- *Dictyota dichotoma.* A, talo completo; B y C, fragmentos de talo con anteridios y oogonios, respectivamente; D, fragmento de talo con 3 tetrasporangios.

Fig. 4.- Dos laminariales: en A, el *Agarum gmelini;* en B, el *Macrocystis pyrifera;* en C, ciclo generativo.

Fig. 5.- *Fucus vesiculosus.* A, fragmento de talo con sumidad fértil; B, conceptáculo femenino con oogonios; C, oogonio maduro con paráfisis; D, oósfera rodeada de espermatozoides; E, conceptáculo masculino.

DIVISIÓN ÚNICA. RODOFÍCEAS O ALGAS ROJAS

Talo pluricelular, filamentoso, sencillo o ramificado. En este último caso las ramificaciones recubren total o parcialmente el filamento principal, tomando entonces el talo aspecto caulinar. También es corriente que los filamentos sean concrescentes y se dispongan paralelamente, presentando el talo la forma laminar (figs. 1, 5 y 8) o un aspecto mixto, entre laminar y caulinar (fig. 3). Como en las Feofíceas, el talo puede presentar un alto grado de diferenciación, reconociéndose en él rizoides, cauloides y filoides; los rizoides pueden estar transformados en tenues filamentos embrollados o en estolones Las Rodofíceas pueden presentar diversa coloración: roja, pardorrojiza, púrpura, violácea, pardoazulada, verdeazulada. Algunas se impregnan de carbonato cálcico, formando masas pétreas de gran dureza (fig. 6, A) y semejantes a las corales, por lo que han recibido el nombre de *Coralinas.*
Las células que forman el talo son uni o plurinucleadas, con membranas de celulosa y pectosa, que con el agua se vuelven mucilaginosas, y presentando perforaciones de célula a célula, semejantes a los plasmodesmos. Los cromatóforos son de color rojo (rodoplastos) y, además de la clorofila, contienen ficocianina y un pigmento rojo, la *ficoeritrina,* prótido de acción fotosintética. Como material de reserva contienen *amiloporfirina,* glúcido con algunas de las propiedades del almidón, llamado por ello *almidón de florídeas.* Algunas células, llamadas *yoducos,* acumulan yodo en sus vacúolos, no pudiendo precisarse si lo hacen con el yodo libre o bajo la forma de yoduros.
Reproducción sexual por heterogamia y *carpogamia* (véase más adelante) con gámetas inmóviles; reproducción asexual por esporas y tetrásporas.
Las Rodofíceas son algas marinas, aunque hay alguna especie dulceacuícola. La mayoría son autótrofas.
Forman un grupo muy evolucionado y bastante aislado de los demás. Pueden relacionarse en cierto modo con las Clorofíceas (láms. C/3 y C/4), aunque los lazos de parentesco son muy dudosos (véase lám. de la portada).
Las Rodofíceas se dividen en dos clases: las *Bangiales* y las *Florídeas.*

Clase 1.ª Bangiales

Talo filamentoso o laminar, uni o pluristratificado, no ramificado Reproducción asexual por esporas; reproducción sexual mediante grandes ovocélulas y espermatozoides sin flagelos, inmóviles, llamados *espermacios* (fig. 1).

Clase 2.ª Florídeas

Talo formado por filamentos apretados y concrescentes, regularmente ramificado. En los de apariencia foliar y laminar está formado por filamentos ramificados también concrescentes. Reproducción sexual por *carpogonios* con *tricógina* (véase más adelante) y espermacios; con *cistocarpos* (véase también más adelante).
Reproducción. — Los órganos masculinos o anteridios, llamados aquí *espermatangios,* producen los espermacios, uno para cada célula madre (fig. 2, 1). Los órganos femeninos u oogonios están constituidos por grandes células o *carpogonios,* fijas en el extremo de una ramita del talo, que se alargan en un apéndice filiforme que sobresale del talo, llamado *tricógina* (fig. 2, 2). Puesta ésta en contacto con el espermacio, éste queda pegado a ella, se deshacen las membranas en contacto y el núcleo del espermacio recorre el interior de la tricógina hasta fusionarse con el del carpogonio (fig. 2, 3). El zigoto resultante prolifera rápidamente y da otras células embrionarias, cuyo conjunto constituye un *gonimoblasto* (fig. 2, 4), que a su vez da origen a esporas llamadas *carpósporas* (fig. 2, 5). Cuando el gonimoblasto queda envuelto por células estériles del talo se forma un *cistocarpo* (fig. 2, 6).
Una variante de este proceso la constituye el que las células de la base del carpogonio, llamadas *células nutricias,* se fusionan con éste, formando una gran célula que dará origen a un gonimoblasto, el cual puede transformarse también en cistocarpo.
Otra variante es que cuando se ha formado el embrión emite *filamentos de conjunción* que se alargan hasta ponerse en contacto con células especiales, llamadas *células auxiliares,* con las que se unen. Después de esta unión se inician nuevos carpogonios y gonimoblastos.
Algunas Rodofíceas tienen utilidad para el hombre. De muchas de ellas se extraen mucílagos, *gelosas,* que tienen diversas aplicaciones industriales. Las del género *Gelidium* proporcionan el *agar,* sustrato muy empleado para el cultivo de Bacterios; las de los géneros *Chondrus y Gigartina* dan el *carraguín,* producto industrial; las del género *Gloiopeltis* proporcionan una cola muy tenaz y se emplean en Oriente como alimento.

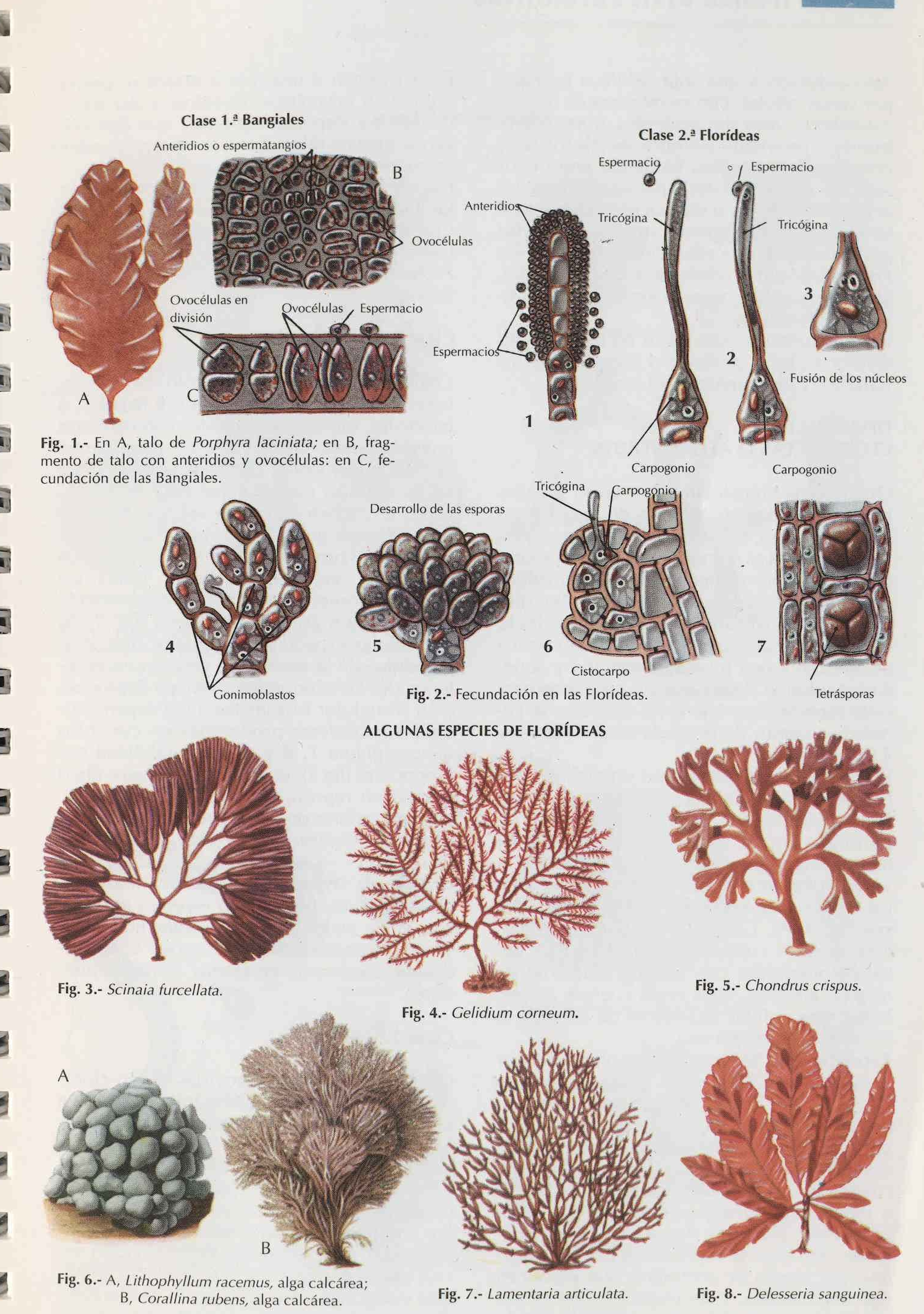


Fig. 1.- En A, talo de *Porphyra laciniata;* en B, fragmento de talo con anteridios y ovocélulas: en C, fecundación de las Bangiales.

Fig. 2.- Fecundación en las Florídeas.

Fig. 3.- *Scinaia furcellata.*

Fig. 4.- *Gelidium corneum.*

Fig. 5.- *Chondrus crispus.*

Fig. 6.- A, *Lithophyllum racemus,* alga calcárea; B, *Corallina rubens,* alga calcárea.

Fig. 7.- *Lamentaria articulata.*

Fig. 8.- *Delesseria sanguinea.*

Talo reducido a una sola célula o formado por varias células, con membranas de diversa naturaleza. Unos son autótrofos, libres o simbiontes, provistos siempre de clorofila, y otros son heterótrofos, habiendo entre ellos saprofíticos, simbiontes y parásitos. Vegetales acuáticos (marinos o dulceacuícolas) y terrestres, éstos generalmente atmofíticos. Unos probablemente proceden directamente de las Flageladas verdes (véase lám. de la portada), otros, en cambio, se relacionan con los Mixófitos y Rodófitos.
Los Eutalófitos se clasifican en tres grandes divisiones: las *Clorofíceas* o *Algas verdes*, los *Carófitos* y los *Eumicetes* u *Hongos*.

DIVISIÓN I. CLOROFÍCEAS O ALGAS VERDES

Organismos unicelulares que viven aisladamente, reunidos en colonias de forma y estructura diversa, o formando un talo de forma muy variada. Las colonias pueden ser de simple agregación, es decir, que los individuos no están en contacto sino separados por mucílago, o constituir un cenobio, es decir, cuando los individuos que forman la colonia pertenecen a una misma generación y aquélla toma forma determinada y constante para cada especie (figs. 1 y 4); los cenobios se generan ya dentro de la célula madre (figs. 3 y 4 B).
El talo puede ser filamentoso simple (figs. 5 y 8) o ramificado (lámina C/4, fig. 1, A), foliar, laminar dicotómico, en forma de disco o de pulvímulo (fig. 6), etc. En algunas especies el talo es cenocítico (lám. C/4, figs. 2, 3 y 4). A veces la colonia puede ser móvil, mediante los cilios o flagelos de los individuos periféricos (fig. 1, A). Células uni o plurinucleadas. Cromatóforos conteniendo sólo clorofila, llevando pirenoides casi siempre. Material de reserva: almidón, raras veces cuerpos grasos. Membrana celular totalmente de celulosa o bien con algo de pectosa.
Reproducción asexual o multiplicación por zoósporas con 2 ó 4 cilios o flagelos iguales (fig. 5) o, más raramente, con una corona de pestañas (lámina C/4, fig. 5). Perdurabilidad por acinetos y aplanósporas. Reproducción sexual por isogámetas flagelados móviles, los cuales copulándose forman zigotos inmóviles o móviles *(zigozoósporas)*, diploides, y con un número doble de flagelos que los isogámetas. También se reproducen por heterogamia, por medio de anteridios, que producen espermatozoides, y de oogonios con oósferas. De la unión del espermatozoide con la oósfera surge una oóspora diploide, que puede dar origen a una nueva planta o, previa reducción cromática, dividirse y dar nacimiento a zoósporas haploides, que dan origen a nuevos talos. Las Clorofíceas pueden ser monoicas y dioicas.
Por un lado se relacionan directamente con las Flageladas verdes, y, por otro, con los Cormófitos (véase lámina de la portada).
Las Clorofíceas se dividen en cuatro clases: *Protococales, Ulotricales, Sifonocladales* y *Sifonales.*

Clase 1.ª Protococales

Células casi siempre con un solo núcleo, aisladas y móviles mediante 2, 4 o 6 flagelos, o inmóviles, formando agregados con cubiertas mucilaginosas, cenobios, etc., pero nunca formando filamentos. Contienen casi siempre un cloroplasto que se transforma en leucoplasto en las heterótrofas; a veces se tiñen de rojo debido a gotitas de *hematocroma* (carotinoide). Algunas especies tienen vacúolos pulsativos, cerca de los flagelos. Otras, sin flagelos, poseen movimientos ameboideos. Reproducción asexual en *Volvox* (fig. 1, A) por células especiales o *gonidios* que, desprendidos de la superficie, generan en el interior del cenobio colonias hijas. Reproducción sexual por isogámetas o por espermatozoides y oósferas producidas en cenobios dioicos (figura 1, B y C). Perdurabilidad por *hipnocistes* (fig 2), es decir, por acinetos largo tiempo en reposo, o por *poliedros* (fig. 3), que son esporas de forma irregular estrellada, originadas dentro de un zigoto largo tiempo en reposo.
La mayoría viven en las aguas marinas, dulces o salobres, no faltando especies atmofíticas, epi o endofíticas, simbiontes liquénicas y otras, llamadas zooclorelas, que viven endosimbióticamente en ciertos animales inferiores.

Clase 2.ª Ulotricales

Células uninucleadas, provistas de un cloroplasto; algunas especies son rojizas debido a la hematocroma. La mayoría forman talos filamentosos, simples (figs. 5 y 8) o ramificados; otras especies los tienen acintados, laminares o foliáceos uni o pluristratificados, en forma de disco (fig. 6), etc. Multiplicación por zoósporas biciliadas *(micrósporas)* o cuatriciliadas *(macrósporas)*. Reproducción sexual por isogámetas (fig 5) o mediante anteridios y oogonios (lám. C/3, fig. 7). Perdurabilidad por aplanósporas y acinetos. En algunas especies dioicas, las masculinas, llamadas

Clase 1.ª Protococales

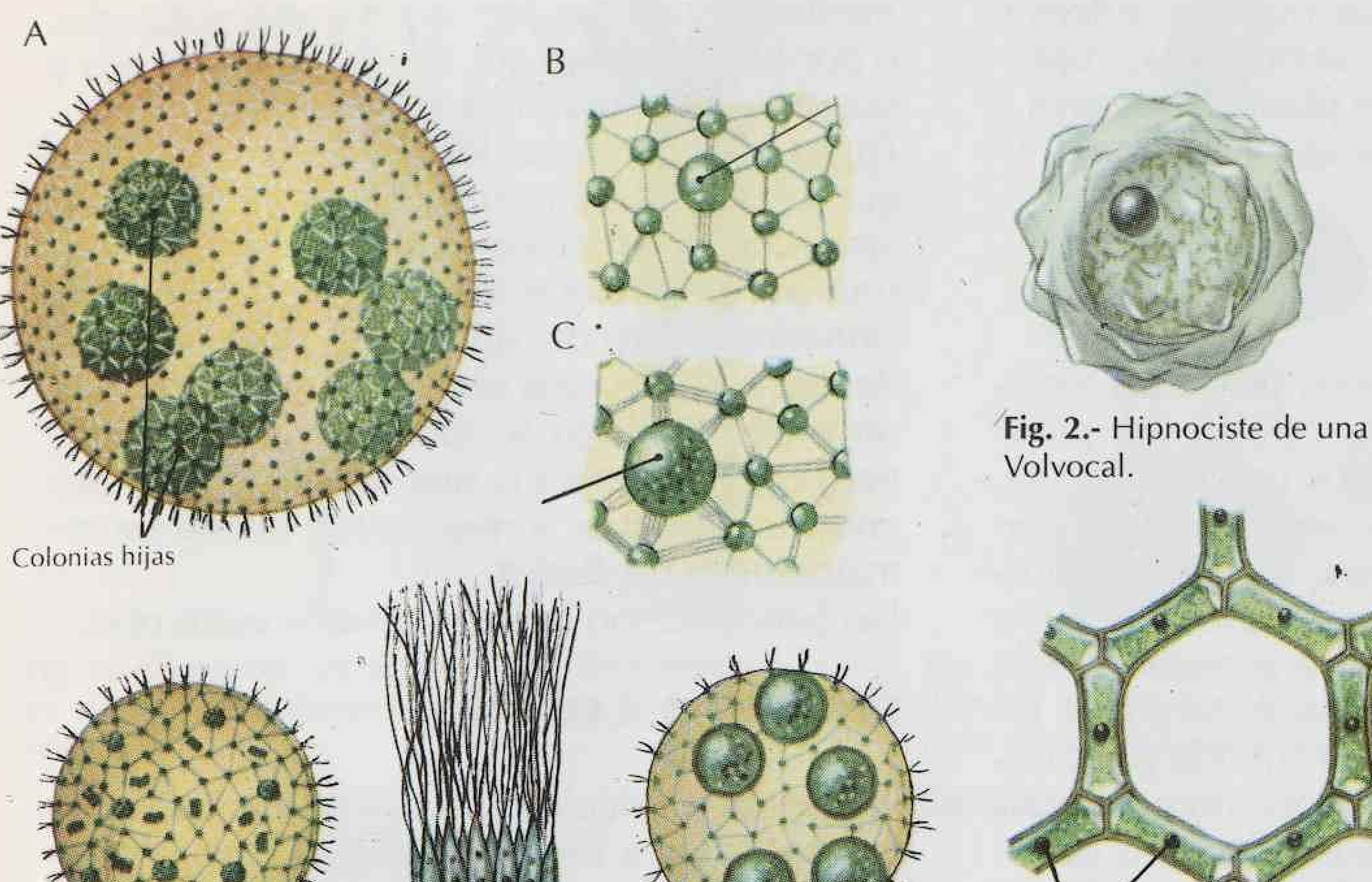


Fig. 1.- *Volvox aureus.* En A, cenobio completo conteniendo colonias hijas producidas por vía vegetativa; en B, fragmento de cenobio con una célula madre de espermatozoides (a); en C, ídem ídem con una joven oósfera (b).

Fig. 2.- Hipnociste de una Volvocal.

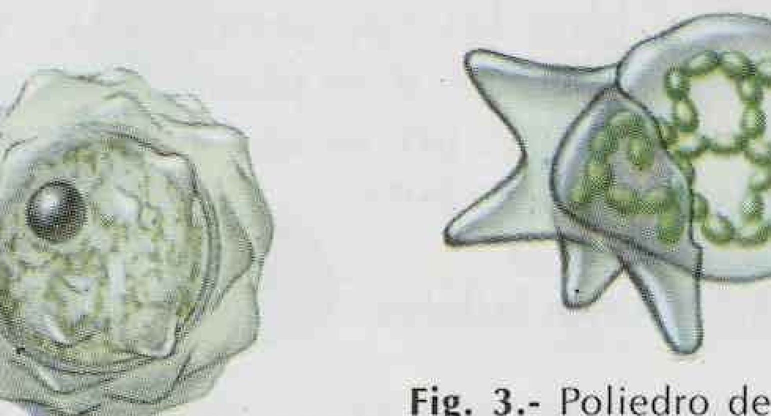


Fig. 3.- Poliedro de *Pediastrum* generando un joven cenobio.

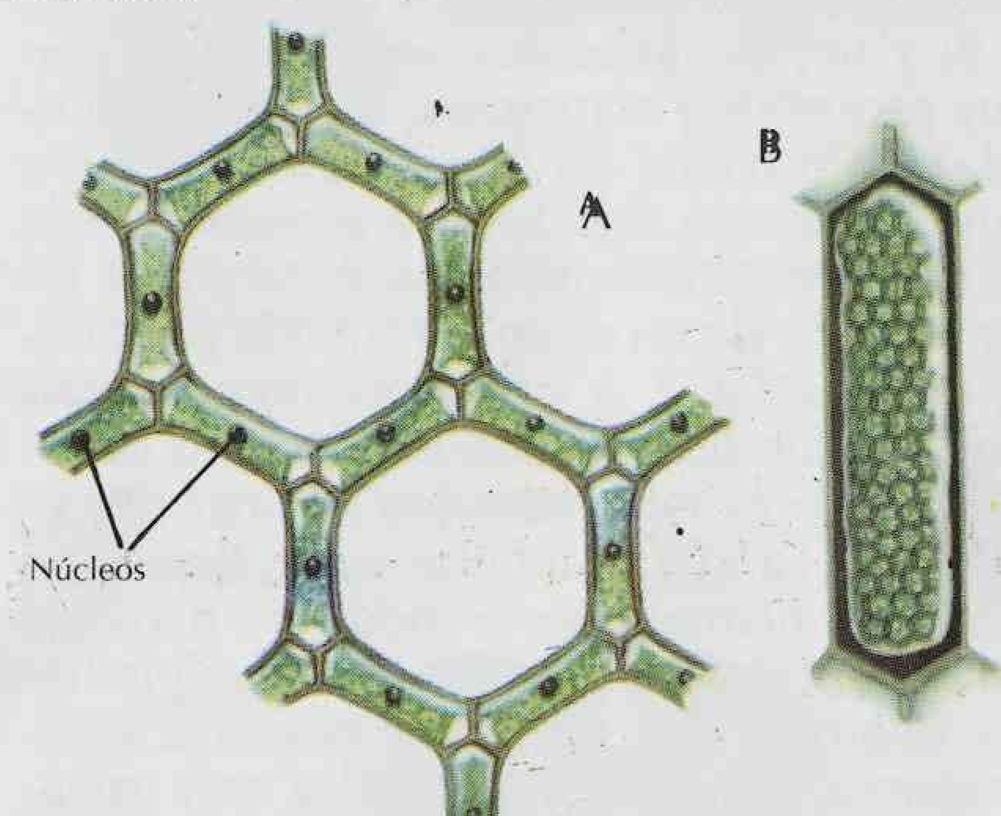


Fig. 4.- *Hydrodictyon reticulatum.* En A, fragmento de un cenobio; en B, una célula generando en su interior un joven cenobio.

Clase 2.ª Ulotricales

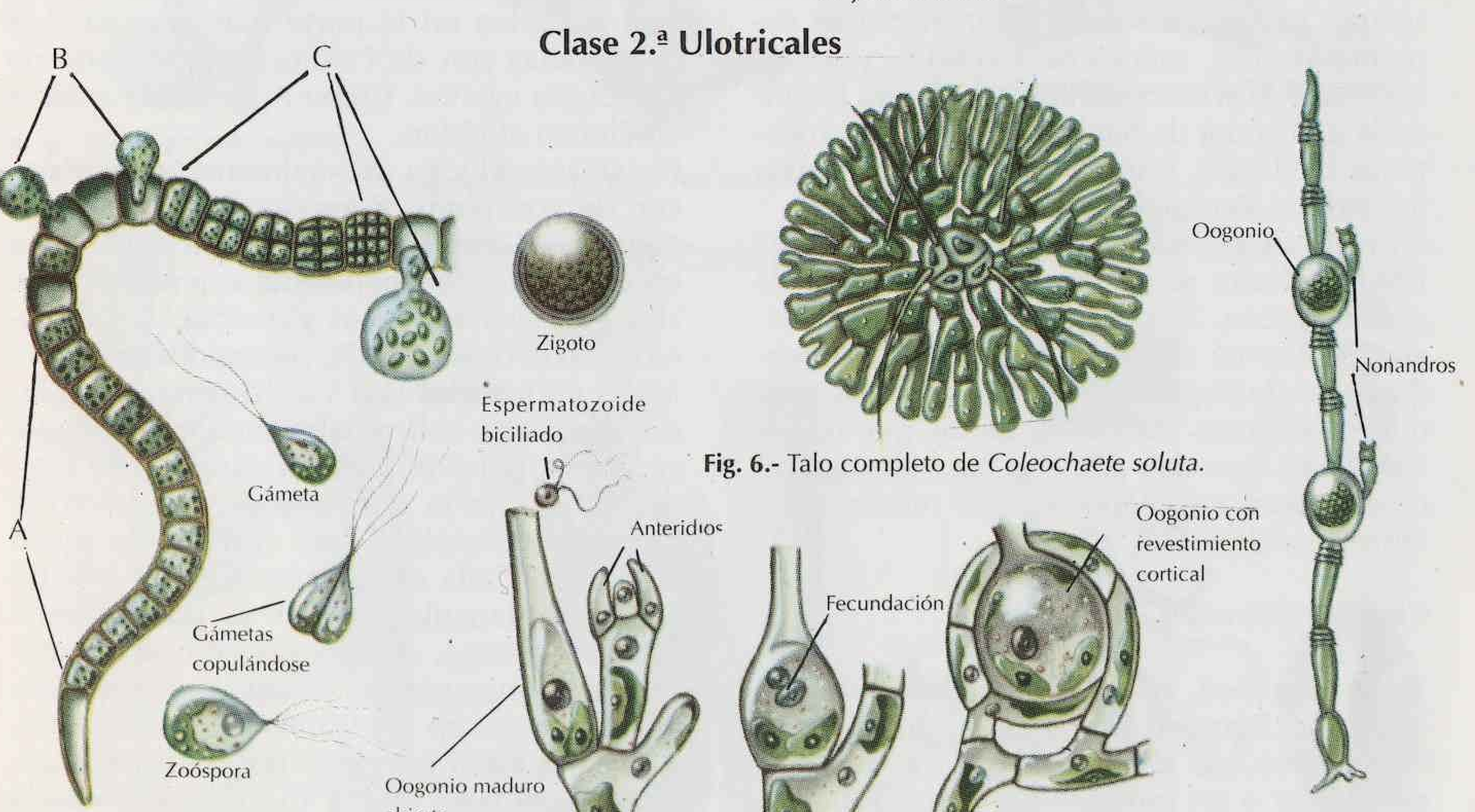


Fig. 5.- *Ulotrix zonata,* filamento maduro. En A, células vegetativas; en B, formación y salida de las zoósporas; en C, ídem ídem de los gámetas.

Fig. 6.- Talo completo de *Coleochaete soluta.*

Fig. 7.- Reproducción de un *Coleochaete* mediante anteridios y oogonios.

Fig. 8.- *Oedogonium* sp.

nanandros, son diminutas (lám. C/3, fig. 8), y para la fecundación nadan hasta adherirse a los oogonios de las femeninas.
La mayoría viven en aguas marinas dulces o salobres, si bien las hay atmofíticas, rupestres, epifitas de algas y de plantas terrestres y endofitas. Algunas pocas son simbiontes liquénicas y otras parásitas.

Clase 3.ª Sifonocladales

Células algunas veces libres, pero casi siempre formando un talo. Las células son plurinucleadas, con cloroplastos reticulados (fig. 1, B) y llevan pirenoides; algunas veces son muy pequeños y numerosos, de forma discoidal. El talo puede ser filamentoso y siempre muy ramificado (fig. 1, A) y a menudo con los filamentos cenocíticos; también puede tener la forma de un disco constituido por artejos radiales (fig. 2, A y B) sostenido por un *sifón,* es decir, por un tubo unicelular o cenocítico; a veces toma la forma laminar reticulada, etc. La célula inferior suele llevar expansiones filamentosas a modo de rizoides. Multiplicación por esporas bi o cuadriciliadas. Reproducción sexual por isogamia y heterogamia. La primera se verifica con isogámetas biciliados morfológicamente iguales (fig. 2, C); sin embargo, en algunos se ha observado el *heterocromosoma* o cromosoma sexual. La segunda tiene lugar mediante espermatozoides, salidos de anteridios y oósferas contenidas en oogonios. La oósfera fecundada u oóspora da nacimiento de 1 a 8 zoósporas biciliadas, que dan lugar a otros tantos individuos. Perdurabilidad por acinetos.
En algunas especies, principalmente en las *Cladoforáceas,* se presenta la alternación de generaciones, la cual se produce de la siguiente forma: el individuo diploide, engendrado por la copulación de dos gámetas, produce zoósporas haploides, de las que nacen individuos que dan gámetas también haploides, y éstos, copulándose, dan nuevamente individuos diploides.

Clase 4.ª Sifonales

Talo cenocítico, es decir, unicelular y plurinucleado, formado por un sifón único y polienergético, de forma filamentosa simple o ramificada o en pincel. En algunas especies el talo presenta partes diferenciadas en rizoides, cauloides y filoides (figs. 3 y 4). Cloroplastos lenticulares o laminares con o sin pirenoides. Como materiales de reserva pueden contener aceites y grasas. Multiplicación, cuando la tienen, por zoósporas pluricilíadas (fig. 5). Reproducción sexual por isogamia, mediante gámetas formados en gametangios o por heterogamia, por medio de anteridios y oogonios. Perdurabilidad por aplanósporas.
En las *Vaucheriáceas* la formación de los oogonios se verifica como sigue: en el sifón aparecen divertículos que más tarde se cierran por un tabique (fig 5); los núcleos aprisionados dentro del divertículo degeneran todos menos uno, que será el de la oósfera. De un modo análogo se forman los anteridios, pero con la diferencia que los núcleos no degeneran sino que forman otros tantos espermatozoides biciliados.
Las Sifonales son todas marinas y autótrofas.

DIVISIÓN II. CARÓFITOS

El talo es pluricelular, erguido, formado por una sola hilera de células, unas largas, *células internodales,* y otras cortas, *células nodales,* dispuestas alternativamente. De las nodales parten verticilos de ramitas que llevan, a su vez, verticilos de otras ramitas (figuras 6 y 7). El eje y las ramitas pueden ser desnudos o llevar un revestimiento formado por una capa de células, *células corticales* (fig. 7).
Las células contienen numerosos y pequeños cloroplastos, situados en la periferia, y grandes vacúolos en la parte más interna. Las membranas son de celulosa impregnada de carbonato cálcico. Como material de reserva contienen almidón.
No se reproducen asexualmente, pues carecen de zoósporas. Reproducción sexual por oogonios y anteridios; éstos están contenidos en un órgano independiente o *anteridióforo.* Hay especies monoicas y dioicas. Los oogonios son ovoides (fig. 7), protegidos por *bracteolas y* formados por 5 o 10 células tubulares, arrolladas helicoidalmente y terminando, cada una, por un filoide; el conjunto de filoides constituye la *corónula.* El anteridióforo, de forma esferoidal, está constituido por 8 anteridios. Cada uno consta (fig. 8. A) de un *escudete* triangular, que en su parte interna tiene un vástago, el *manubrio,* en cuyo extremo lleva unas células esféricas, el *capítulo,* de las que parten los *filamentos anteridianos,* los cuales están formados por numerosas células discoidales (fig. 8, B), originando cada una un espermatozoide. Son aplobiontes; la fase diploide es la de oóspora.
Los Carófitos forman un grupo aislado, sin ninguna relación con los demás.

Clase 3.ª Sifonocladales

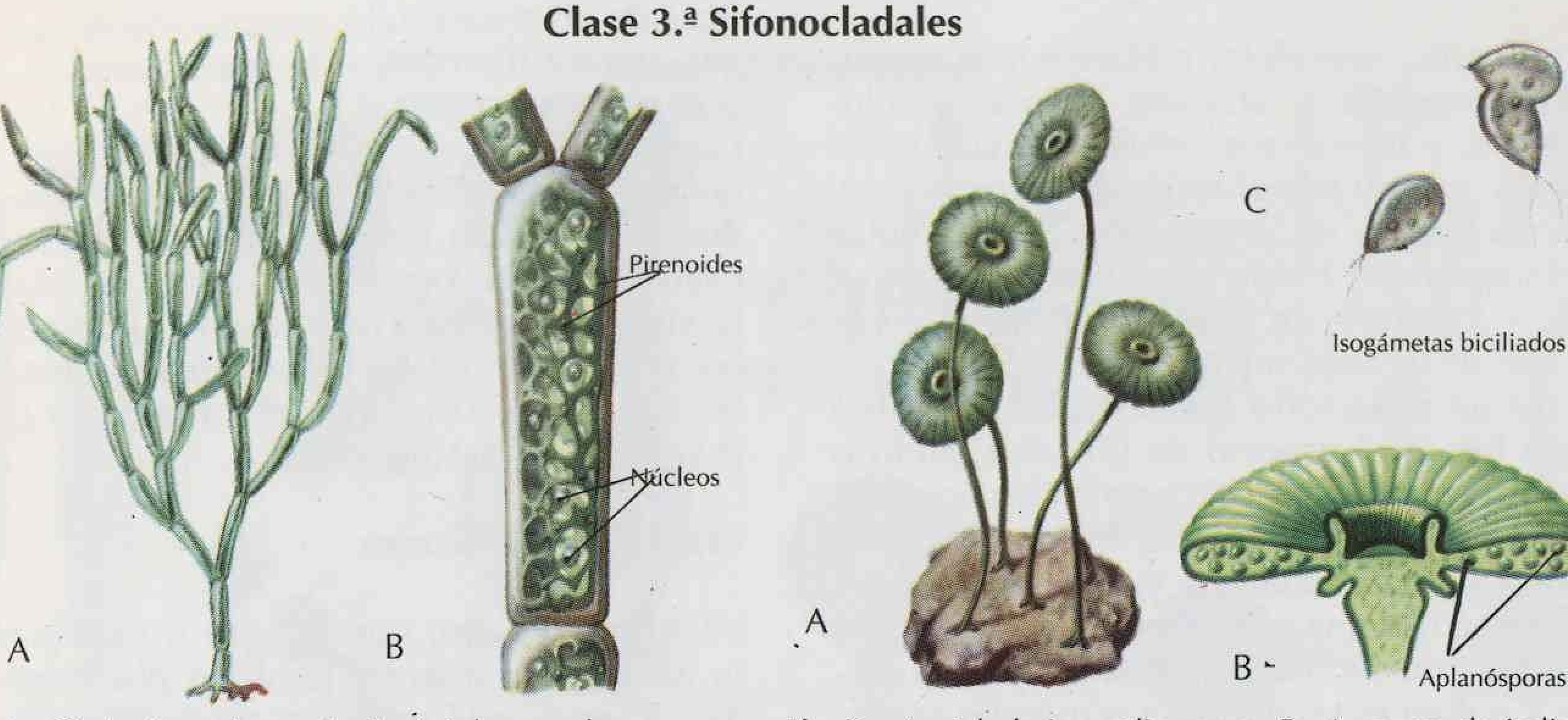


Fig. 1.- *Cladophora glomerata.* En A, talo completo; en B, célula del mismo, polienérgida y con un retículo clorofílico.

Fig. 2.- *Acetabularia mediterranea.* En A, grupo de individuos; en B, verticilo en sección longitudinal; en C, un isogámeta y otros dos copulándose.

Clase 4.ª Sifonales

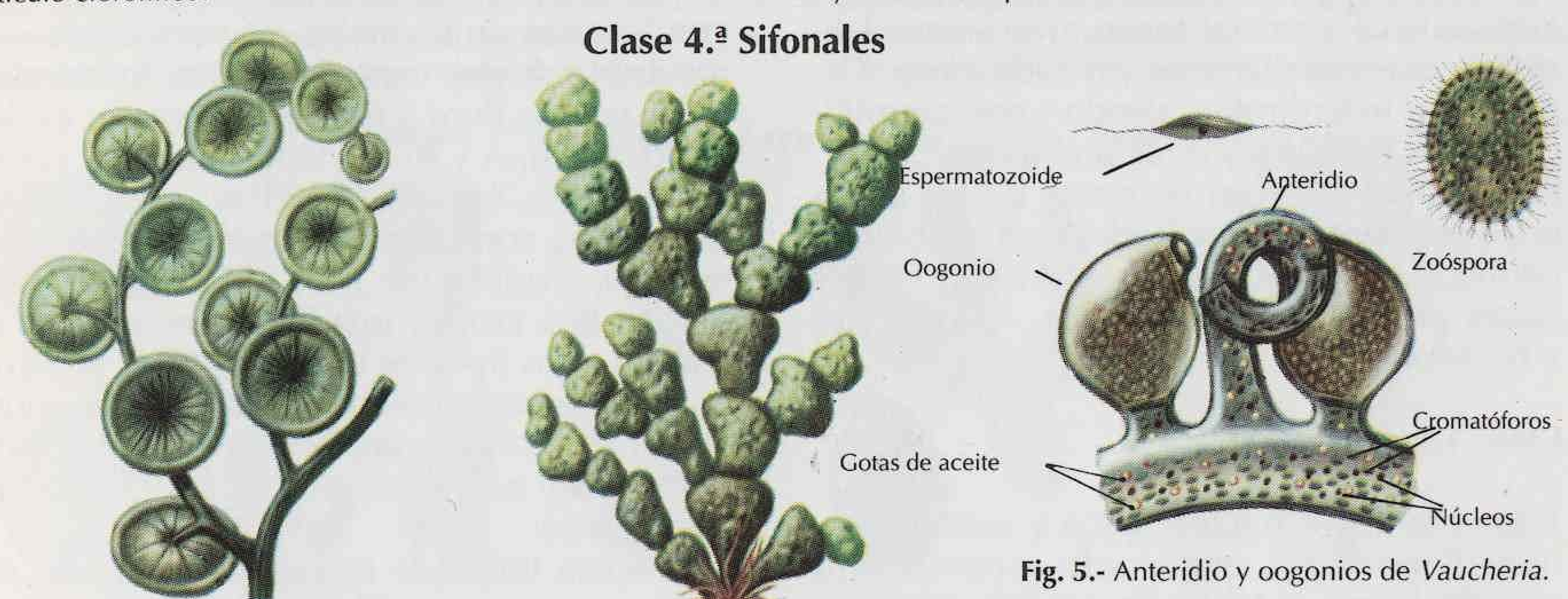


Fig. 3.- *Caulerpa macrodisca.* Fragmento del talo.

Fig. 4.- *Halimeda tuna.* Talo completo.

Fig. 5.- Anteridio y oogonios de *Vaucheria.*

División II. Carófitos

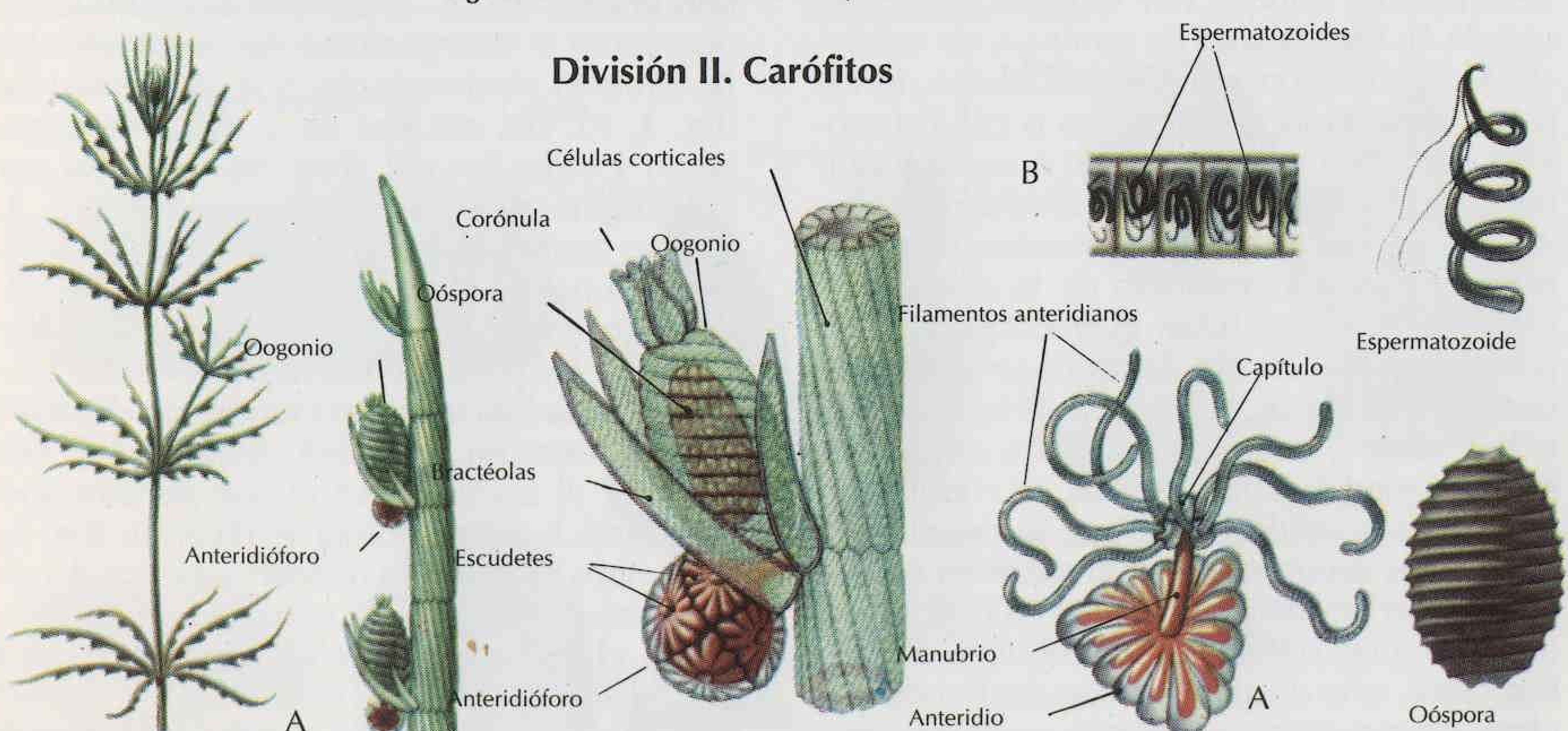


Fig. 6.- *Chara fragilis,* parte apical del talo. En A, detalle de una ramita con anteridios y oogonios.

Fig. 7.- Fragmento del talo de *Chara fragilis.*

Fig. 8.- Elementos sexuales de *Chara fragilis.* En A, uno de los escudos del anteridio; en B, detalle de un filamento anteridial con espermatozoides.

DIVISIÓN III. EUMICETES U HONGOS

Talo sencillo, unicelular o filamentoso ramificado, cenocítico o tabicado. Células sin cloroplastos, y membrana celulósica, con o sin *quitina,* sustancia polihólosida nitrogenada, análoga a la de los Artrópodos. Si las células se disponen en filamentos, éstos se llaman *hifas;* el conjunto de hifas constituye el *micelio,* que es de crecimiento apical y puede alcanzar un desarrollo considerable; también puede tomar el aspecto de un falso tejido o *hifenquima,* muy desarrollado en los aparatos esporíferos. Las células que forman las hifas pueden ser uninucleadas y, en este caso, el micelio se designa con el nombre de *micelio primario* (micelio haploide), o ser plurinucleadas y entonces tendremos un *micelio secundario* (micelio diploide), cuyo origen es la fusión de dos micelios primarios. Reproducción asexual y sexual según diversas modalidades, que estudiaremos en cada clase. Organismos heterótrofos, siendo unos saprofíticos, otros parásitos y otros simbiontes.
Los Hongos parecen derivarse de las algas, principalmente de las Rodofíceas, habiendo perdido su vida autótrofa. Se dividen en tres clases principales: *Ficomicetes, Ascomicetes* y *Basidiomicetes.*

Clase 1.ª Ficomicetes

Talo unas veces microscópico y unicelular y otras cenocítico, engrosado y ramificado cuando joven, y tabicado cuando adulto o vetusto. Micelio desarrollado, a veces muy desarrollado, aunque hay especies que carecen de él. Membranas de quitina o de celulosa. Multiplicación por diversas clases de esporas, zoósporas, *planetocitos* o células móviles mediante cilios, *conidios* o esporas ágamas, producidas o no por conidióforos (fig. 2); *oidiósporas* o esporas asexuadas, de extremos truncados y resultado de la desintegración celular de las hifas; *clamidósporas* o esporas formadas en el interior de una célula y que además de su membrana llevan la de la célula madre, etc. Reproducción sexual según tres modalidades distintas: a) copulación de espermatozoides y oosfera; b) copulación de núcleos espermáticos, formados en anteridios, y con oosferas contenidas en oogonios (fig. 1, B y D), dando como producto, en ambos casos, una oóspora; c) copulación de núcleos espermáticos y núcleos ovulares, producidos todos en hifas especiales llamadas *gametangios* (fig. 2, B), dando como resultado la formación de un zigoto o *zigóspora* (figura 2, C y D). En este tercer caso la copulación puede verificarse entre filamentos micélicos de un mismo talo *(copulación homotálica)* o entre filamentos de talos distintos *(copulación heterotálica).*
Los Ficomicetes son hongos saprofíticos o parásitos, de pequeño tamaño y muy difundidos. Más de una tercera parte son acuáticos. Como ejemplos pueden citarse: el «mildiu de la vid» *(Plasmopara viticola),* la «podredumbre seca de la patata» *(Phytophora infestans),* las *Saprolegnia* (fig. 1) y el «moho del pan» *(Mucor mucedo)* (figura 2).

Clase 2.ª Ascomicetes

Micelio tabicado, con células uninucleadas o, aunque raramente, también plurinucleadas; a veces está poco desarrollado o puede faltar; otras, es denso y muy ramificado (fig. 7). Tiene crecimiento apical. Según sean las condiciones ambientales, el micelio puede recubrirse de una capa protectora, formándose un cuerpo duro y resistente llamado *esclerocio.* (fig. 6, A y B). Multiplicación por conidios, oidios, yemas, picnidios, es decir, receptáculos conteniendo conidios, *coremios,* es decir, manojos de hifas esporógenas, etc. En algunos grupos pueden coincidir dos o más de estos tipos de multiplicación, llamándose entonces pleomorfos. La reproducción sexual se verifica como en los Rodófitos, por anteridios y oogonios (en este caso llamados *ascogonios*).
El proceso típico de reproducción sexual se verifica como sigue. Algunas hifas se hinchan y se agrandan, convirtiéndose en ascogonios con una tricógina, siendo ambos plurinucleados. Junto al ascogonio se desarrolla otra hifa, también plurinucleada, que es el anteridio (fig. 3, A). Los núcleos de la tricógina degeneran y todos los del anteridio, pasando por la tricógina, penetran en el ascogonio (fig. 3, B) y se aparean con las de éste, constituyendo cada par un *dicarion.* Poco después el ascogonio emite hifas *ascógenas,* en las que penetran los pares de núcleos. La célula apical de cada hifa ascógena recibe un dicarion y en su extremo nace una prolongación encorvada, el *uncínulo,* en el que penetra uno de los núcleos que forma el dicarion (fig. 3, d). Ambos núcleos se dividen y de los 4 núcleos resultantes dos del sexo opuesto se sitúan en el ápice de la célula, y de los otros dos, el uno penetra en el uncículo y el otro permanece en la base de la célula. Al mismo tiempo se forma un tabique que separa la parte binucleada del resto. En este punto es cuando se verifica la cariocinesis. El núcleo diploide resultante se divide después tres ve-

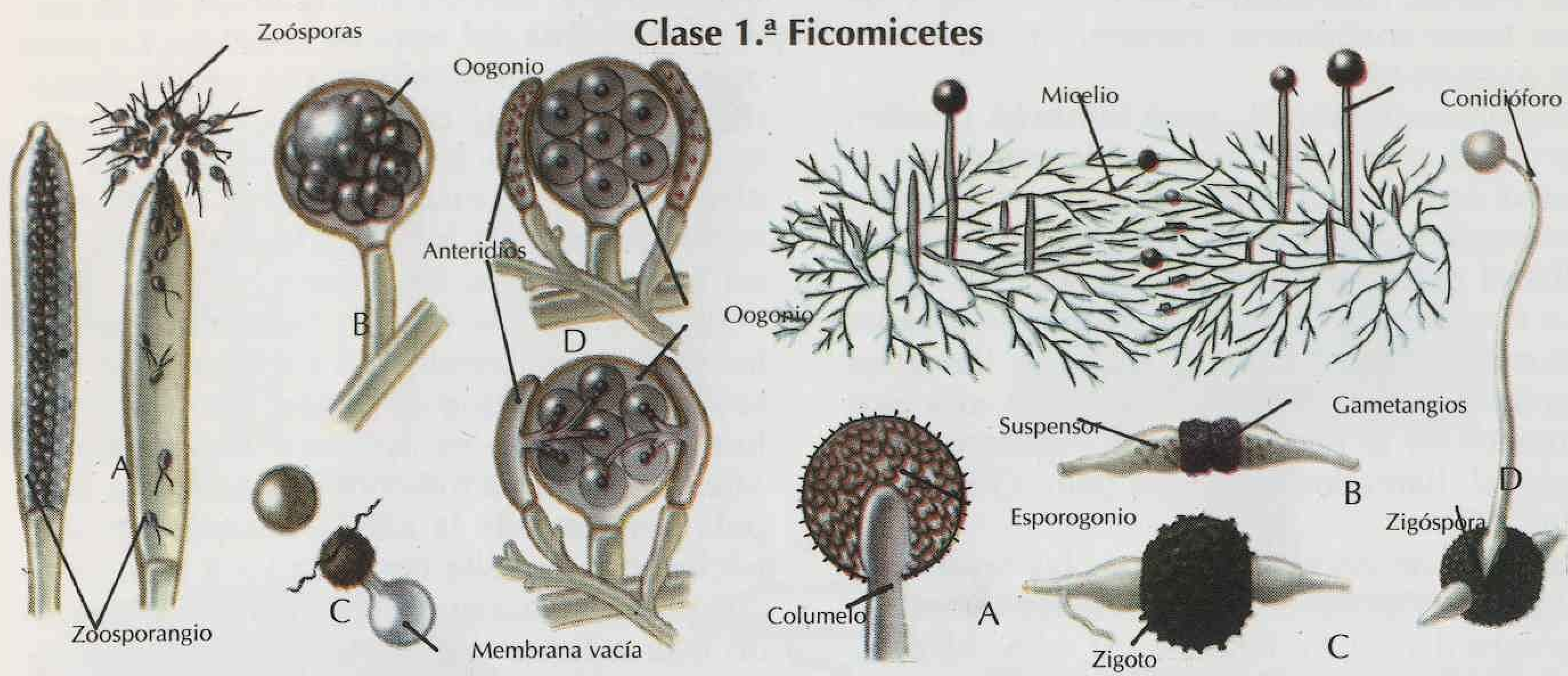


Fig. 1.- Multiplicación y reproducción del *Saprolegnia.* En A, zoosporangios, el uno emitiendo zoósporas; en B, oogonio; en C, zoóspora enquistada en su membrana, y otra, abandonándola; en D, esquema de la fecundación del oogonio mediante los anteridios.

Fig. 2.- Multiplicación y reproducción del *Mucor mucedo.* En A, corte de un esporogonio; en B, copulación de dos gametangios, con zoóspora resultante; en C, unión sexual de micelios y producción asexual de esporangióforos; en D, zigóspora emitiendo un conidióforo.

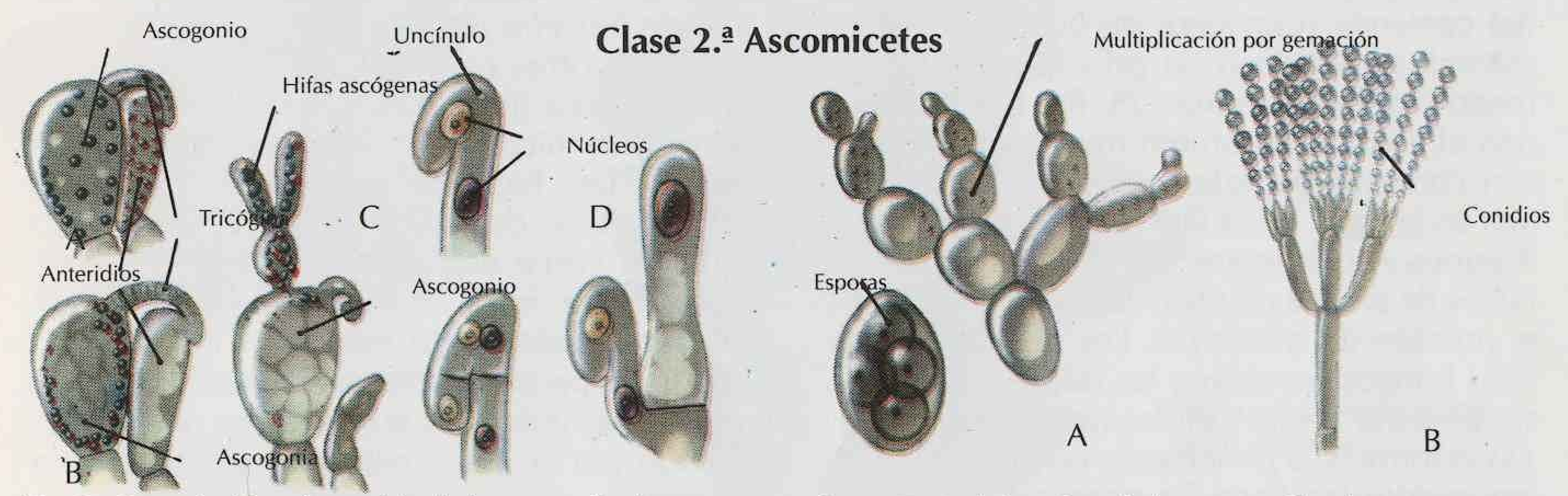


Fig. 3.- Fecundación y formación de los ascos. En A, ascogonio con el anteridio adosado a él; en B, los núcleos del anteridio han penetrado en el ascogonio; en C, ascogonio emitiendo las hifas ascógenas; en D, formación de los ascos.

Fig. 4.- En A, la levadura de la cerveza *(Saccharomyces cerevisiae).* En B, extremo de un conidióforo de Penicillium sp. con cadenas de conidios.



Fig. 5.- Un oídio *(Erysiphe communis).* Aparatos esporíferos, conidios y micelio.

Fig. 6.- El cornezuelo del centeno *(Claviceps purpurea).* En A, espiga atacada; en B, esclerocio emitiendo aparatos esporíferos; en C, detalle del extremo de un aparato esporífero; en D, detalles de un peritecio.

Fig. 7.- Tres hongos Discomicetes: A, *Peziza aurantia;* B, *Morchella esculenta;* C, *Tuber aestivum.*

ces consecutivas, dando 8 núcleos haploides, los cuales, rodeándose de citoplasma y de una tenue membrana, constituyen otras tantas *ascósporas.*

Comúnmente son 8, pero también pueden ser 4, 12 o más. La hifa que las contiene se llama *asco.* El conjunto de ascos dispuestos ordenadamente, alternando con paráfisis, recibe el nombre de *himenio* (lám. C/7, fig. 5, G); también pueden estar contenidos en aparatos esporíferos en forma de copa, llamados *apotecios* (lám. C/7, fig, 1, B) o en utrículos situados en la periferia de un esporangio esferoidal, llamados *peritecios* (lám. C/5, fig. 6, B, C y D).

Ejemplos de Ascomicetes son: las levaduras, tales como el *Saccharonyces cereviciæ* de la cerveza (lám. C/5, figura 4, A), el *S. ellipsoideus,* del vino, el *S. apiculatus,* de la sidra, etc., los «mohos» *Penicillium (P. cruslaceum, P. notatum, etc.);* los «oídios» *(Uncinula necator, Erysiphe communis);* el «cornezuelo del centeno» *(Claviceps purpurea),* cuyos esclerocios contienen un principio tóxico llamado *ergotina* (lámina C/5, fig. 6). Otros tienen el aparato esporífero muy desarrollado y son comestibles, tales como los representados en la fig. 7 de la lám. C/5.

Algunos Ascomicetes son simbiontes de las raíces de ciertas plantas; esta simbiosis recibe el nombre de *micorriza.* Los micelios de dichos hongos envuelven las raíces, unas veces sin penetrar en las células radicales, *micorrizas ectótrofas,* o penetrando en ellas, *micorrizas endótrofas.* Entre las primeras se encuentra la trufa *(Tuber œstivum).*

Clase 3.ª Basidiomicetes

Micelio pluricelular, a veces temporalmente cenocítico, de crecimiento apical, con membranas intensamente quitinizadas. Multiplicación por conidios, oídios o yemas. Carecen de órganos sexuales, existiendo solamente sexualidad en los micelios.

Las esporas, en este caso *basidiósporas,* se forman de una manera análoga a las ascóporas. De la fusión de dos micelios primarios se forma el micelio secundario, que, como sabemos, está constituido por células binucleadas. En el ápice de una hifa binucleada y lateralmente (fig. 1) se forma una bolsa o *fíbula.* Ambos núcleos se dividen en dos; uno de los dos núcleos originados por el núcleo más cercano a la fíbula penetra en ella, mientras que el otro se apareja con uno de los dos originados por el segundo núcleo inicial, colocándose ambos cerca del ápice de la célula; el cuarto queda en la base de la misma, formándose al mismo tiempo dos tabiques transversales, que separan la fíbula de la parte apical y ésta del resto de la célula. La parte apical se ha constituido en una célula, llamada *célula basidial,* con dos núcleos de distinto sexo. Estos núcleos se unen dando un núcleo diploide, el cual, más tarde, dividiéndose dos veces, dará los 4 núcleos haploides de un basidio típico. En el extremo libre de la célula basidial se forman cuatro apéndices, los *esterigmas,* terminados cada uno por una vesícula en las que se alojan los 4 núcleos, formando cuatro exósporas o *basidiósporas.*

Mientras tanto, la membrana que separa la fíbula del resto de la célula desaparece, y el núcleo que aquélla contenía va a aparejarse con el que había quedado en la hifa, volviendo ésta a tener dos núcleos. El número corriente de basidiósporas es el de 4, pero pueden ser 1, 2, 3 o más por basidio.

El desarrollo de un Basidiomicete es como sigue. De la basidióspora nace un micelio haploide *(micelio primario),* cuyas hifas pueden unirse a otras cualesquiera, sean o no del mismo sexo (figura 2), constituyéndose entonces un micelio diploide *(micelio secundario).* La fase haploide es breve; en cambio la fase diploide dura toda la vida del hongo. El micelio crece en forma discoidal, desarrollándose las hifas en todos sentidos. Cuando ha alcanzado cierta extensión empiezan a morir las partes centrales, formando las hifas periféricas una especie de corona que va creciendo por su parte externa y muriendo por la interna.

Cuando llega el micelio a la madurez y cuando son favorables las condiciones ambientales, las hifas se reúnen y se enlazan en ciertos puntos para formar el aparato esporífero o *basidióforo.* Los basidióforos de muchos hongos los conocemos vulgarmente con el nombre de «setas», siendo el verdadero cuerpo del hongo el micelio. El basidióforo está constituido, en ciertos grupos *(Himeniales),* por un pie o *pedículo* (de ahí el nombre de Basidiomicetes: de *básis* = pedestal, y *mykes* = hongo), el cual soporta una especie de sombrerillo, el *píleo* (fig. 2). Cuando el basidióforo está en edad juvenil, el pedículo y el píleo están recubiertos por dos membranas, que forman una cáscara, llamada *volva.* Al madurar el basidióforo, rompe la volva, el pedículo se alarga y el píleo se abre y expansiona. Algunos restos de la membrana externa de la volva quedan adheridos al pie del pedículo, así como en la cara superior del píleo; en la parte superior del pedículo quedan los restos de la membrana interna, formando el *anillo.* En la cara inferior del píleo existen

Clase 3.ª Basidiomicetes



Fig. 1.- Formación de un basidio.

Fig. 2.- Desarrollo de un Basidiomicete con píleo y pedículo.

Fig. 3.- Níscalo *(Lactarius deliciosus).*

Fig. 4.- Rebozuelo *(Cantharellus cibarius).*

Fig. 5.- Pie de rata *(Clavaria flava).*

Fig. 6.- Seta matamoscas *(Amanita muscaria).*

laminillas radiales, poros o trabéculas, cada una de las cuales lleva multitud de basidios; junto a los basidios se hallan también paráfisis.
Los Basidiomicetes son saprofitos, parásitos y simbiontes. Entre los primeros, los más numerosos, están comprendidas casi todas las setas que conocemos De éstas unas son comestibles y otras son tóxicas o venenosas, pudiendo algunas causar la muerte. Los principales tóxicos contenidos en ellas son de varias clases: la *muscarina,* base cuaternaria de amonio, no mortal, pero produce excitaciones psíquicas; los *principios hemolíticos,* muy extendidos entre los hongos (casi todos quedan destruidos por la cocción), producen hemoglobinuria e ictericia; la *amanita,* polipéptido mortal en el 80 % de los casos, ataca y produce lesiones graves en el hígado y en los riñones. Entre los parásitos de los vegetales superiores, cuyos micelios penetran en sus tejidos y emitiendo haustorios, producen graves enfermedades: citaremos las «royas», producidas, entre otros, por la *Puccinia graminis;* los «tizones», producidos por hongos del género *Ustilago,* tales como el *U. tritici,* sobre el trigo, *U. avenœ,* sobre la avena; la «caries de los cereales», producida por *Tilletia tritici* y *T. lœvis,* etc. Finalmente, unos pocos, tales como los de los géneros *Rhipidonema* y *Thelephora,* forman simbiosis liquénicas con Cianofíceas de los géneros *Croococcus* y *Scytonema.*

Clase 4.ª Líquenes

En realidad, los Líquenes forman, más que una clase sistemática independiente, un apéndice de las clases 2.ª y 3.ª de los Hongos o Eumicetes, pues son siempre el producto de la *asociación entre un alga y un hongo.* Este último pertenece, en la mayoría de Líquenes, a la clase de los Ascomicetes, pero también forman líquenes algunos Basiodiomicetes; el alga puede ser una Clorofícea o también, aunque con menos frecuencia, una Cianofícea; las algas en los Líquenes constituyen los *gonidios* (figs. 1, 2 y 3).
Un Liquen está formado por una *capa cortical externa* integrada por hifas de gruesa membrana y densamente dispuestas. Generalmente aparece vivamente coloreada de rojo, amarillo, verde, gris, etc. (fig. 1, A). Por debajo de ella está la capa *gonídica,* en la que las hifas son escasas y se halla repleta de gonidios. Inferiormente hay un tercer estrato, la *capa medular,* formada por hifas alargadas.
Cuando el Liquen es de forma foliar existe en la cara inferior del mismo un estrato o *capa cortical interna,* semejante a la externa pero menos gruesa y de diferente color. Se fija el sustrato mediante hifas más largas, llamadas *rizinas o hapterios* (fig. 3), que les sirven también para absorber el agua.
El talo que acabamos de describir se llama *talo heterómero,* pero existe también el talo *homómero,* en el que los gonidios se hallan irregularmente dispersos por el micelio (fig. 1, B).
Las hifas apresan el alga de diversas maneras (fig. 2). A veces, el extremo de la hifa engruesa y su membrana se pega a la del gonidio (fig. 2, 1); otras veces las hifas rodean totalmente al gonidio (fig. 2, 2), pero en otros casos las hifas penetran dentro de los gonidios por medio de haustorios (fig. 2, 3).
La multiplicación se verifica por *soredios,* los cuales están constituidos por gonidios rodeados de hifas (fig. 3, A). Los soredios se forman en la capa gonídica, que se fragmenta en pequeños grupos (fig. 3) y éstos escapan hacia afuera por resquebraduras de la capa cortical. También pueden formarse por migración de los gonidios de la capa gonídica hacia el estrato medular, en donde se rodean de hifas. La reproducción sexual se verifica en el hongo como hemos visto en la clase correspondiente; en cambio, el alga lo hace por vía vegetativa mediante zoósporas. El hongo nacido de una ascóspora no medra si no puede captar el alga nacida de una zoóspora; en cambio, ésta vive en medio líquido sin el concurso del hongo.
Los líquenes se subdividen en dos grupos: *Aseolíquenes* y *Basidiolíquenes,* según la clase a que pertenece el hongo. Como ejemplos de los primeros, que son la inmensa mayoría, tenemos las tres especies representadas en la figura 4; como ejemplos de los segundos, que existen en ínfima minoría, tenemos las dos especies de la figura 5, en las que se da el caso curioso de que un mismo hongo, el *Thelephora,* según sea la especie del alga, forma especies distintas de líquenes.
Los líquenes están muy difundidos por todo el Globo hasta el punto de que pueden subsistir en regiones impropias para toda otra especie vegetal, como sucede con los que constituyen las «tundras» árticas. Los hay rupestres, contribuyendo a la degradación superficial de las rocas, preparando así el terreno para el enraizamiento de otras plantas e iniciando de esta manera la formación del *suelo.*

Clase 4.ª Líquenes

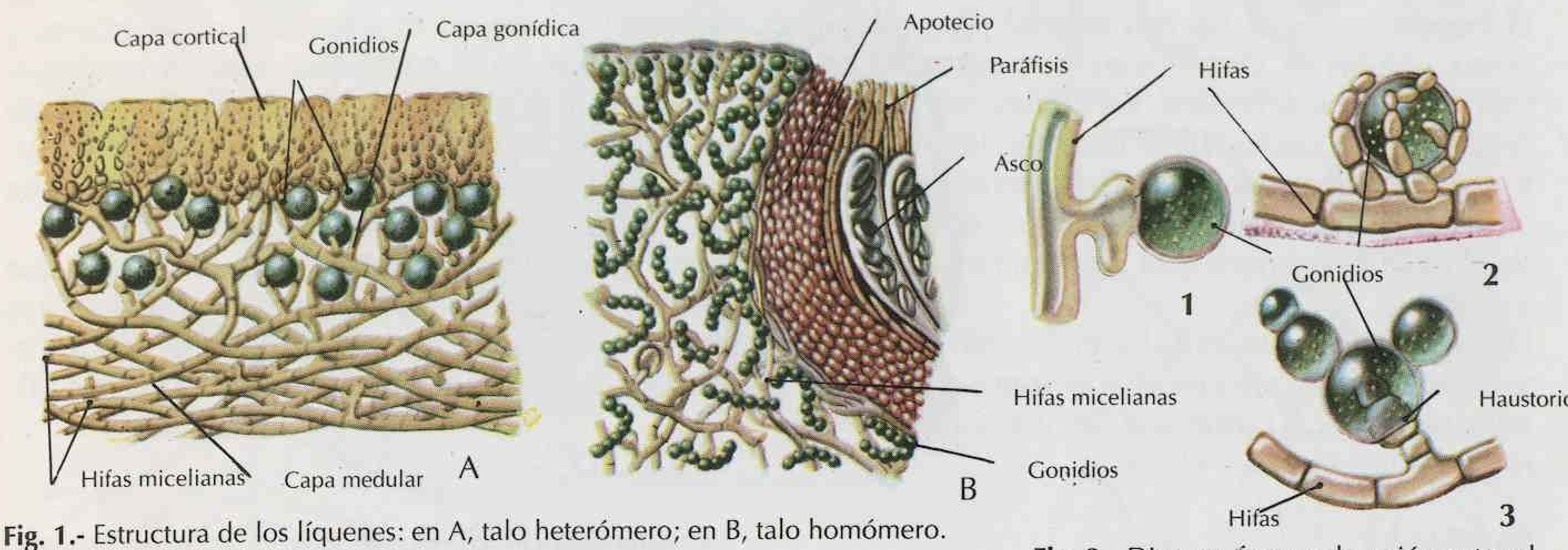


Fig. 1.- Estructura de los líquenes: en A, talo heterómero; en B, talo homómero.

Fig. 2.- Diversas formas de unión entre el alga y el hongo.

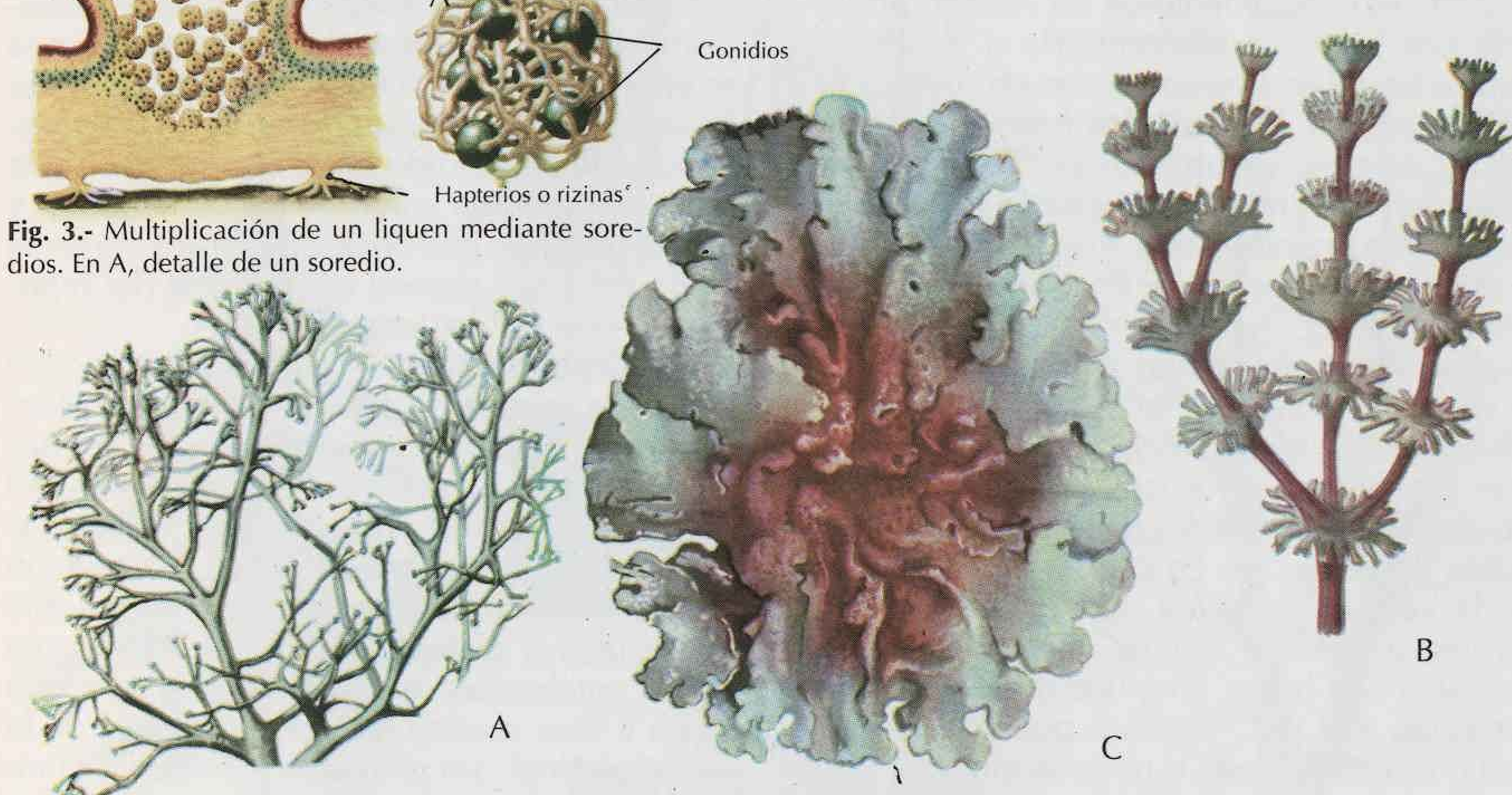


Fig. 3.- Multiplicación de un liquen mediante soredios. En A, detalle de un soredio.

Fig. 4.- Tres ascolíquenes: en A, el *Cladonia rangifera* y, en B, el *Cladonia verticillaris,* dos líquenes ramificados o cespitosos; en C, el *Peltigera canina,* liquen crustáceo o foliar.

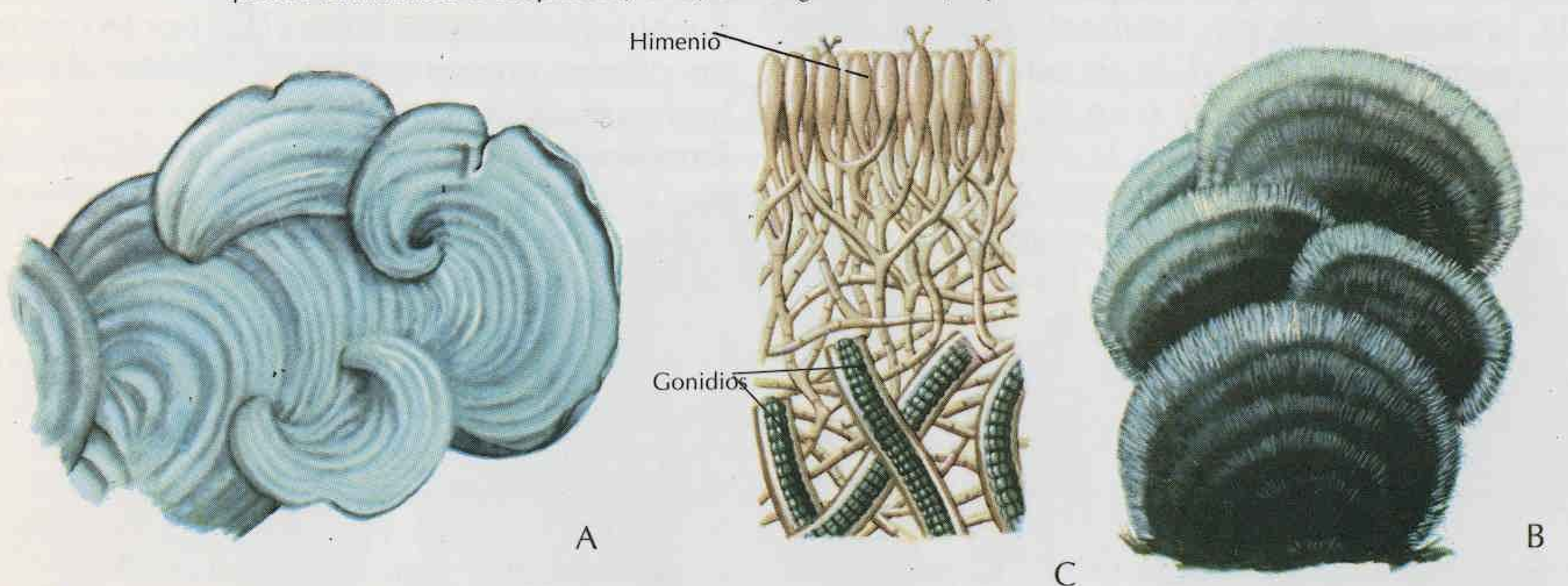


Fig. 5.- Dos basidiplíquenes debidos a la unión de un mismo hongo, el *Thelephora,* con dos algas distintas: en A, el *Cora pavonia,* formado por el alga Cianofícea del género *Croococcus;* en B, el *Dyctyonema sericeum,* formado por el alga Cianofícea del género *Scytonema,* y cuya estructura se detalla en C.

Tronco IX: Cormófitos

Histología y Organografía

El cormo. — Es el cuerpo vegetal pluricelular, cuyas células se diversifican y se agrupan formando tejidos definidos, los cuales constituyen órganos adecuados para cumplir las diversas funciones vegetativas y reproductoras del vegetal. El cormo se compone del *brote* o *vástago* y de la *raíz.* El primero está diferenciado en *tallo y hojas.*
Los vegetales que estudiaremos en adelante son cormófitos, excepto los *Musgos* y las *Hepáticas* (lám. E/1), que son *briófitos,* tipo intermedio entre el talo y el cormo.

LA YEMA

La yema es el rudimento de un vástago protegido por hojitas transformadas o *catafilos,* combadas sobre él y colocadas en forma imbricada (fig. 2). Los catafilos más externos se hallan, a veces, recubiertos por resinas o de pelos para favorecer su impermeabilidad, y forman una envoltura algo coriácea y de cierta resistencia, que ha recibido el nombre de *pérula.*
En el vástago rudimentario se distinguen el *ápice vegetativo* (fig. 2, B), los *rudimentos foliares,* que a medida que se alejan van transformándose en catafilos, y los *rudimentos caulinares,* situados en la axila de los anteriores.
Clases de yemas. — En cuanto a la naturaleza de vástago, la yema puede ser: *folífera, florífera* o *mixta* si origina, respectivamente, una rama con hojas, un grupo de flores o ambas cosas a la vez. También puede ser *perulada* o *desnuda* si está o no protegida por una pérula.
Según la posición que ocupa en el tallo (fig. 1), la yema puede ser: *terminal,* la situada en el ápice; *axilar normal,* la situada en la axila de la hoja, acompañada o no de *yemas axilares accesorias; extraaxiliar,* la situada a lo largo del tallo; *cotiledónica,* si se origina entre los cotiledones; *hipocotílea,* cuando se inserta en el tallo por debajo de los cotiledones; *radical,* si se forma en la raíz.
En algunos vegetales las yemas pueden formarse en el tallo, en la raíz y aun en las hojas, mucho tiempo después de creados estos órganos, recibiendo entonces el nombre de *adventicias.*
Vernación o prefoliación. — Es la posición que adoptan las hojas en la yema, bien considerando la hoja de por sí o bien su posición recíproca (fig. 3).
Variantes de las yemas. — Yemas especiales son los *bulbilos,* pequeñas yemas epígeas con los catafilos engrosados por sustancias de reserva, que se desprenden de la planta y al germinar en el suelo reproducen una nueva planta. Pueden originarse en la axila de las hojas, como en las saxifragas, en una inflorescencia, como en algunas cebollas (fig 5), en las hojas, como en algunos helechos.
Otra variante son los *turiones,* renuevos que por conservar los catafilos son como largas yemas desnudas, con el vástago lleno de reservas, como ocurre en los espárragos (fig. 4).

EL TALLO

El tallo puede definirse como *el eje del cormo que lleva las hojas.* Es de forma cónica, generalmente muy alargada, y posee geotropismo negativo. Consta de dos partes: la una es el *eje hipocótilo,* que se forma al germinar la semilla (véase lám. F/6), y es el tallo primordial comprendido entre el arranque de la raíz y el punto de unión de los cotiledones, y la otra es el *eje epicótilo,* que se origina en la yema terminal, situada en el ápice del hipocotilo entre los cotiledones (fig. 1).
Crecimiento del tallo —Debido a la actividad del ápice vegetativo, el vástago crece en longitud, aumentando la distancia entre las hojas, tanto más cuanto más alejadas están del ápice vegetativo. El punto de inserción de las hojas recibe el nombre de *nudo,* y la porción del vástago comprendida entre dos nudos consecutivos, el de *entrenudo.* El crecimiento de los entrenudos va disminuyendo de arriba abajo y cesa a partir de cierta distancia de la yema terminal. Sin embargo, en algunas plantas (en las *Gramíneas*), la zona basal de los entrenudos también posee actividad de crecimiento *(crecimiento intercalar),* por lo que estas plantas crecen con gran rapidez, algunas hasta unos 5 cm o más por hora.
Ramificación del tallo. — Las yemas axilares dan origen a tallos de segundo orden, llamados *ramas,* y el fenómeno recibe el nombre de *ramificación.* Cuando el eje principal va creciendo y echando ramas laterales, tendremos la ramificación *monopódica* (fig. 8), propia de las *Coníferas* (abeto, ciprés, etc.); cuando cesa pronto la actividad de la yema terminal, entonces prosigue el desarrollo una de las ramas laterales y tendremos la ramificación *simpódica* (figura 9), propia de casi todos los arboles *Dicotiledóneos* (castaño, nogal, encina, etc.). Cuando la especie es arbórea, el conjunto del ramaje constituye la *copa.*



La yema

Fig. 1.- El cormo. Esquema de sus partes en una Dicotiledónea joven.

Fig. 2.- En A, una yema; en B, corte esquematizado de una yema.

1 Doblada 2 Conduplicada 3 Circinada 4 Convoluta 5 Revoluta 6 Replegada 7 Reduplicada 8 Induplicada 9 Valvar 10 Semiequitante 11 Equitante 12 Imbricada

Fig. 3.- Diversas formas de vernación. En A, postura de cada hoja; en B, disposición recíproca de las hojas.

Fig. 4.- Turiones, t. **Fig. 5.-** Bulbilos, b.

El tallo

Fig. 6.- Estoma aerífero; en A, visto de frente; en B, corte.

Fig. 7.- Mecanismo del funcionamiento de un meristema cambial.

Fig. 8.- Ramificación monopódica del tallo.

Fig. 9.- Ramificación simpódica del tallo.

Fig. 10.- Esquemas de la estructura del tallo en una Dicotiledónea. En A, estructura primaria simple; en B, estructura primaria completa; en C, estructura secundaria, sin crecimiento del leño.

Anatomía del tallo

El ápice vegetativo está constituido por un tejido, el *meristema primordial,* formado por células pequeñas, cuboides y apretadas, dotadas de la facultad de crecimiento y de gran actividad reproductora. En él se distinguen un estrato externo, el *dermatógeno,* que dará origen a la *epidermis;* una zona central, el *pleroma,* que dará el *cilindro central,* y una intermedia de varios estratos, el *periblema,* que dará origen a la *corteza.* Estas tres zonas constituyen los *histógenos.* Las células a medida que se alejan del ápice se alargan, formando los *meristemos primarios,* los cuales son tres: la *protodermis,* el *desmógeno,* que formará los *vasos liberoleñosos,* y el *meristema fundamental,* que dará orígen a los *tejidos parenquimáticos.*

Estructura primaria del tallo — Es la más sencilla que puede ofrecer el tallo. En las Dicotiledóneas (lám. D/1, fig. 10) consta de las siguientes zonas, procediendo de fuera adentro: A) *Epidermis,* formada por células de membrana celulósica con la externa cutinizada, que constituye la *cutícula* o capa protectora. B) *Corteza,* constituida por tres capas: el *colénquima cortical,* células alargadas de membrana engrosada en los vértices; el *parénquima cortical,* células de membrana sutil con cloroplastos y grandes vacúolos, dejando espacios intercelulares *(meatos)* y con *estomas aeríferos* (lám. D/1 y lámina D/5); por último, la *vaina amilífera* o *endodermo,* poco diferenciada y, muchas veces, conteniendo gránulos de almidón. C) *Cilindro central,* constituido por el *parénquima medular,* sin cloroplastos, que forma la *médula* y los *radios medulares, y* por los *haces liberoleñosos.* Las células periféricas del cilindro central, extendiéndose a veces por debajo de la endodermis, forman el *periciclo.*

HACES LIBEROLEÑOSOS. — Cada haz se compone del *xilema* (de color castaño en la figura), conjunto de *vasos leñosos (traqueídas),* de *parénquima xilemático y* de *fibras leñosas,* y del *floema* (de color amarillo en la figura) o conjunto de *vasos cribosos, células anexas* y *parenquimáticas.* El haz puede ser *abierto* o *cerrado* según que entre el xilema y el floema existan o no células meristemáticas. En cuanto a la posición recíproca del xilema y del floema, el haz puede ser *colateral* cuando están el uno junto al otro en sentido radial, y *concéntrico* cuando el uno rodea completamente al otro. El haz *abierto y* el *colateral* son propios de la mayoría de las Dicotiledóneas, el *cerrado* y el *concéntrico* (fig. 2) de casi todas las Monocotiledóneas.

Estructura secundaria del tallo. — El crecimiento del tallo en grosor se verifica mediante la multiplicación celular de los *meristemas secundarios.* Uno de ellos es el *cambium,* originariamente situado en forma de arco entre el xilema y el floema en los haces abiertos (lám. D/1, fig. 10, A), pero al comenzar el engrosamiento se unen estos arcos, formando el cambium una banda continua que produce *leño secundario* hacia el interior y *líber secundario* hacia el exterior, del modo que se indica en la fig. 7 de la lám. D/1. Como que al engrosamiento del cilindro central ha de seguir el de la corteza, se forma en una zona variable de ésta otra banda meristemática, el *felógeno,* que produce hacia el exterior el *súber* o corcho y hacia el interior la *felodermis;* el conjunto de estos dos tejidos forma la *peridermis,* que sustituye a la *epidermis.* En las pocas Monocotiledóneas leñosas que existen, el cambium se forma en todo el periciclo (fig. 2) y da hacia el interior haces liberoleñosos de tipo cerrado; por fuera del parénquima cortical poseen una zona felogénica que da hacia el exterior un revestimiento suberoso semejante al de las Dicotiledóneas y Coníferas.

En la estructura secundaria se destruyen los estomas, por lo que son sustituidos por las *lenticelas* (fig. 4), que ponen en comunicación el parénquima cortical con el exterior; sirven para el intercambio de gases, mientras dicho parénquima es clorofílico, obliterándose a su vez cuando el súber crece en grosor.

Aspecto interno del tallo en las Dicotiledóneas y Coníferas. — Los meristemas muestran una gran actividad en primavera y verano, paralizándose en invierno; por lo tanto, cada año se forma un anillo de leño por su cara interna y otro de líber por la externa de modo que el leño y el líber más antiguos están, respectivamente, cerca de la médula y en la periferia del tallo. El leño aparece en círculos claros y oscuros (fig, 1); los primeros están formados por grandes vasos *(leño temprano* o *de primavera)* y los segundos por otros más pequeños y apretados *(leño tardío* o *de otoño).* En algunos tallos, cuando el leño más interno muere se obliteran estos vasos, la zona se tiñe por taninos haciéndose imputrescible, toma un color más oscuro y constituye el *duramen* o *corazón de la madera;* el resto constituye la *albura.*



Fig. 1.- Estructura de un tallo de Dicotiledónea con tres círculos leñosos de crecimiento.

Fig. 2.- Estructura secundaria de un tallo de Monocotiledónea.

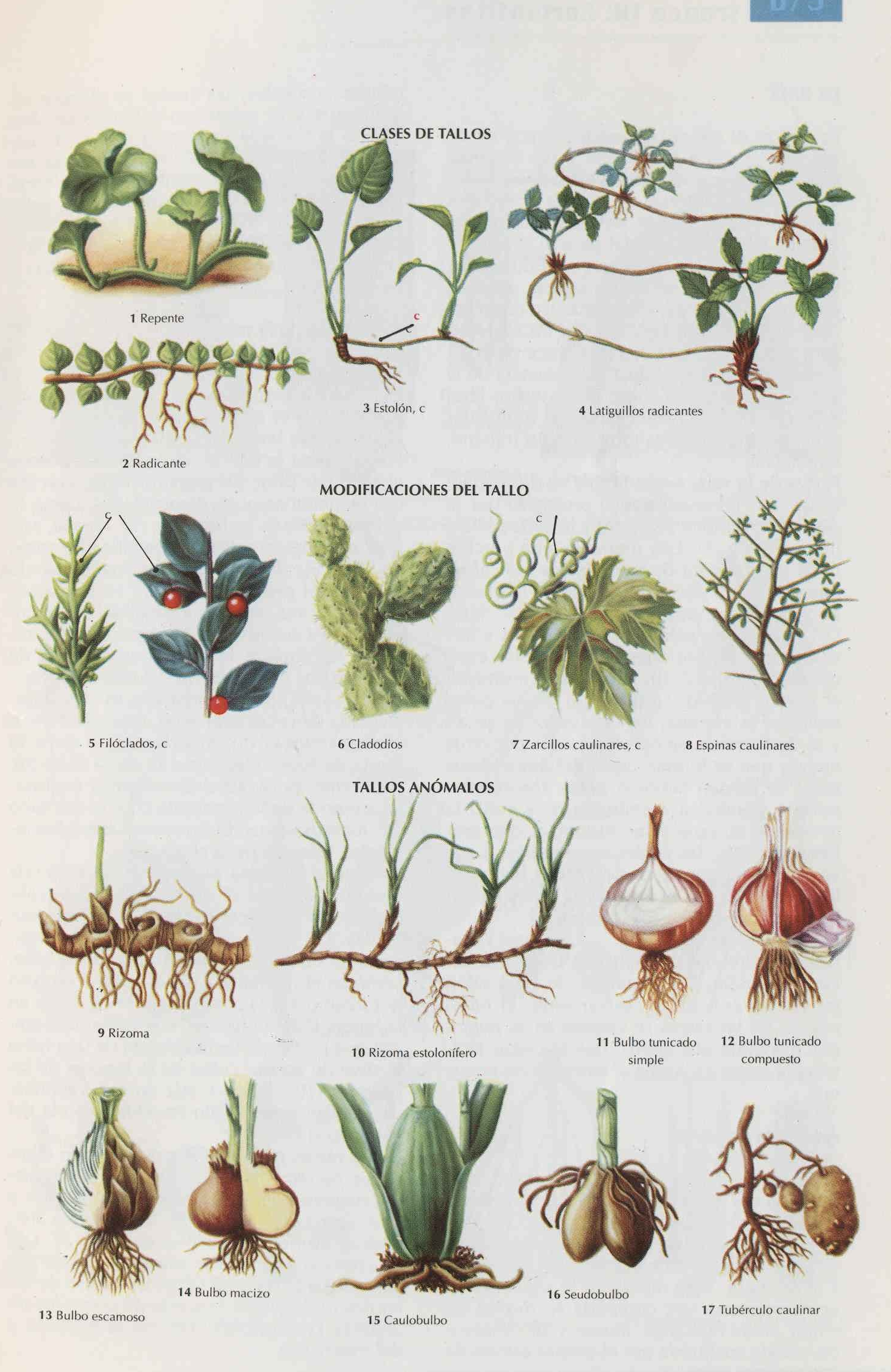
Fig. 3.- Fragmento del leño de una Conífera.

Fig. 4.- En A, lenticelas en un tallo de *Paulownia.* En B, sección de una lenticela.

Aspecto interior del tallo en las Monocotiledóneas. — La sección del tallo muestra una superficie uniforme, clara, con pequeñas máculas oblongas en sentido radial y dispuestas siguiendo líneas concéntricas (lám. D/2, fig. 2), que son los haces liberoleñosos.
El ritidoma. — Los tejidos que se forman al exterior del súber van muriendo a medida que son sustituidos por otros nuevos; a su conjunto se le llama *ritidoma.* Falta en algunos árboles, como el haya. El ritidoma puede persistir sobre la corteza, como en el castaño, pero casi siempre se desprende en forma característica para la especie. Así, en forma de anillos en el abedul y cerezo, en tiras longitudinales en el eucalipto, en escamas irregulares en el plátano de sombra.

Morfología del tallo

Por su forma general el tallo puede ser: *arbóreo,* cuando es leñoso, grueso, macizo, de más de 5 m de altura, con una porción simple comprendida entre la base y la ramificación (la cruz) en los de ramificación simpódica, y entre la base y la cúspide de la copa en los de ramificación monopódica, llamada *tronco; arbustivo,* cuando es leñoso, se ramifica desde la base y su altura no llega a los 5 m, llamándose *mata* cuando no alcanza 1 m de altura; *herbáceo,* cuando no es leñoso; generalmente blando y verde.
Clases de tallos. — Cuando es tan corto que la planta parece no tenerlo, se dice que ésta es *acaule* (lámina D/2, 1), como en el llantén y en las saxifragáceas. *Cálamo,* cuando es herbáceo sin ramas ni nudos, como en el junco (lám. D/2, 2). *Caña,* tallo leñoso, con nudos, fistuloso, como en el bambú, o macizo, como en el maíz y en la caña de azúcar (lám. D/2, 3); cuando es muy fina, casi capilar, se llama *brizna. Estípite,* tallo leñoso, largo, no ramificado, con un penacho o un rosetón de hojas en el ápice, como las palmeras y frailejones (lám. D/2, 4 y 5). *Escapo o bohordo,* tallo herbáceo, largo no ramificado y sin hojas, rematado por un ramillete de flores, como en el narciso (lám D/2, 6). *Tallo suculento,* grueso, carnoso y jugoso, como en los cactos (lám. D/2, 7). *Tallo trepador,* poco consistente, que crece encaramándose a un soporte; si se enrosca en él tenemos el *tallo voluble* y, mirándolo desde arriba puede hacerlo hacia la izquierda como en las campanillas (lámina D/2, 8) o hacia la derecha, como en el lúpulo; puede trepar mediante raíces adventicias adherentes, como la hiedra (lám. D/2, 9), mediante zarcillos, como la vid (7), o por medio de *acúleos* o aguijones, como en la zarzamora (lám. D/2, 10). *Tallo repente,* también poco consistente, que se tumba y crece apoyándose en el suelo, como en la calabaza (1); cuando, además, echa raíces por los nudos, se llama *radicante,* como el del anágalo (2). *Estolón,* brote lateral que nace en la base del tallo, apoyándose en el suelo o por debajo de él; puede enraizar dando origen a nuevas plantas, como en el violeta (3); si es epígeo se llama *latiguillo,* como el de la fresa (4).
Modificaciones de los tallos. — Son *Filóclados,* ramas cortas de crecimiento limitado, comprimidas, de forma y aspecto foliar, verdes y, por lo tanto, con función clorofílica, como en la espina cruz y en el brusco (5). *Cladodios.* ramas comprimidas, de color verde, asumiendo la función clorofílica y con hojitas rudimentarias, como las del higo chumbo (6). *Zarcillos caulinares,* ramas filamentosas, herbáceas, sin hojas, que sirven a la planta para agarrarse, como las de la vid (7). *Espinas caulinares,* ramitas cortas sin hojas, con la punta aguda y endurecida, como las del tojo y de *Cytisus* (8); se distinguen de los aguijones (lám. D/2, 10) en que éstos son de origen epidérmico y se desprenden con facilidad, mientras que las espinas están vascularizadas y al arrancarlas se produce desgarro de tejidos.
Tallos anómalos. — Morfológicamente los tipos que siguen en nada se parecen a los tallos. *Rizomas,* tallos hipogeos, generalmente horizontales, radiciformes, con catafilos, yemas y raíces, como el de la caña y el de los polígonos (9). Los hay *estoloníferos,* como el de los *Carex* (10). *Bulbos,* tallos hipogeos, deprimidos, en forma de disco *(platillo),* con gran yema terminal, también hipogea, con catafilos repletos de materias de reserva; pueden ser *tunicados,* cuando el tallo queda envuelto completamente por las bases de los catafilos, siendo *simples,* como el de la cebolla (11), o *compuestos,* como el del ajo (12); *escamosos,* cuando los catafilos se disponen en forma imbricada, como en la azucena (13); *macizo,* cuando el platillo es abultado y los catafilos papiráceos, como en el azafrán (14). *Caulobulbo,* tallo inferiormente engrosado, como el de las orquídeas espífitas (15). *Seudobulbos,* tuberosidades mixtas, de naturaleza caulinar y radical, propias de las orquídeas terrícolas (16). *Tubérculos caulinares,* porciones de tallo, generalmente hipogeas, engrosadas por acúmulo de sustancias de reserva, con pequeños catafilos y yemas (ojos), como los de la patata (17).



LA RAÍZ

La raíz es *el eje del cormo gue crece en dirección inversa a la del tallo* y, por lo tanto, posee generalmente geotropismo positivo. Introducida en la tierra, en el agua o en otros medios, extrae de ellos las sustancias nutritivas que necesita el vegetal para su desarrollo y existencia. Ramificándose e introduciéndose profundamente en el suelo, sirve, además, de soporte eficaz para la planta. Un rasgo característico de este órgano es su incapacidad para producir hojas y flores. Carece de color verde, pero puede verdear en presencia de la luz (véase lo dicho sobre el plastidio, lam. A/2). En algunas plantas perennes o bienales sirve también de órgano reservante (rábano, remolacha).

Partes de la raíz. — En la raíz se distinguen: el *ápice* o *cono vegetativo* protegido por la *pilorriza* o *caliptra* (fig. 2, A) y la *zona pilífera* (lám. D/1 fig, 1). Esta última es una porción de la raíz provista de pelos *(pelos radicales)*, que empieza a pocos milímetros de la pilorriza y que tiene una longitud variable (lám. D/1, fig, 1). Los pelos son unicelulares y formados por expansiones de las células epidérmicas (figura 2, B), las cuales constituyen el *estrato pilífero*. La duración de los pelos radicales es efímera; los más viejos se secan y se desprenden, siendo sustituidos por otros nuevos que se forman cerca del ápice. Estos pelos se llaman también *pelos absorbentes* porque siendo su membrana muy sutil, la atraviesan el agua y las sustancias que ésta lleva disueltas, las cuales son llevadas a través del parénquima cortical hasta los vasos leñosos, y éstos, a lo largo de la raíz y del tallo, las conducen hasta las hojas.

Ramificaciones de la raíz. — La raíz se ramifica lateralmente, formándose las raíces *secundarias* (lám. D/1, figura 1), de éstas salen las *terciarias y* así sucesivamente. El nacimiento de las raíces se verifica en el *periciclo,* mediante una hernia, que al crecer atraviesa la corteza y forma al exterior una nueva raíz.

Anatomía de la raíz

El ápice vegetativo tiene una estructura análoga a la del ápice del tronco, produciéndose los mismos histógenos.

Estructuras primaria y secundaria de la raíz. — La estructura primaria es muy semejante a la del tallo. Sólo difiere en lo siguiente: la *epidermis,* una vez cumplida su misión de emitir pelos radicales, muere y se desprende, siendo sustituida por el primer estrato de células corticales, las cuales se alargan radialmente y se suberizan o lignifican, formando la llamada *exodermis* (fig. 1). El *parénquima cortical* no es clorofílico y la *endodermis* resulta más manifiesta. Por último, los haces liberianos están intercalados entre los leñosos, de manera que el *cambium* es sinuoso. La secundaria (fig. 1) es idéntica a la del tallo, con formación de lenticelas y de ritidoma.

Morfología de la raíz

Según el medio donde se desarrollan, las raíces pueden ser: *hipogeas,* si es bajo tierra; *acuáticas,* si es en el agua, y *aéreas,* si es en el aire, como las de las orquídeas epífitas.

Por su forma la raíz es: *axonomorfa,* si tiene el eje o raíz principal preponderante, con raíces secundarias poco desarrolladas, como la del pino y de la lechetrezna (1); *fibrosa,* raíz muy prolongada y fina, no ramificada, como en la lenteja de agua (2); *ramificada,* cuando la principal pronto se ramifica en primarias, éstas, a su vez, vuelven a dividirse en secundarias y así sucesivamente, como la del perejil (3); *fasciculada,* la formada por un haz de raíces, todas más o menos del mismo calibre, como las del ajo (4); *barbadilla,* es la raíz fasciculada de raíces muy finas, como la de muchas gramíneas (5); *tuberiforme,* si tiene la forma de tubérculo, como la de la dalia (6); *napiforme,* es la raíz axomorfa muy engrosada, como la de la zanahoria (7) y la del nabo (8); *tuberosa,* cuando presenta tubérculos radicales, como la de la chufa (9).

En general se llama *raíz adventicia* toda raíz que no nazca en el sitio habitual. En realidad, lo son las fasciculadas (4, 5 y 6) ya estudiadas. Las raíces adventicias pueden originarse en cualquier sitio del tallo: en la base, como en el ricimo (10), en el ápice, como en la zarzamora (11) o a lo largo de él, como en la hiedra (12). *Columnar,* raíz adventicia epigea que partiendo verticalmente de una rama le sirve de apoyo, como en la higuera de las pagodas (10). *Fúlcrea,* raíz epigea, ramificada, que sostiene el tallo en alto, como la del pandano (14).

Como raíces muy modificadas pueden citarse los *neumatóforos* o raíces con geotropismo negativo, que se elevan verticalmente y sirven para la aireación en los terrenos anegados, como los de *Avicennia (15).* Los *haustorios* son raíces chupadoras de las plantas parásitas, que penetran dentro de los tejidos de la planta hospedante como los de algunas Lorantáceas (16), de la cuscuta y del muérdago.

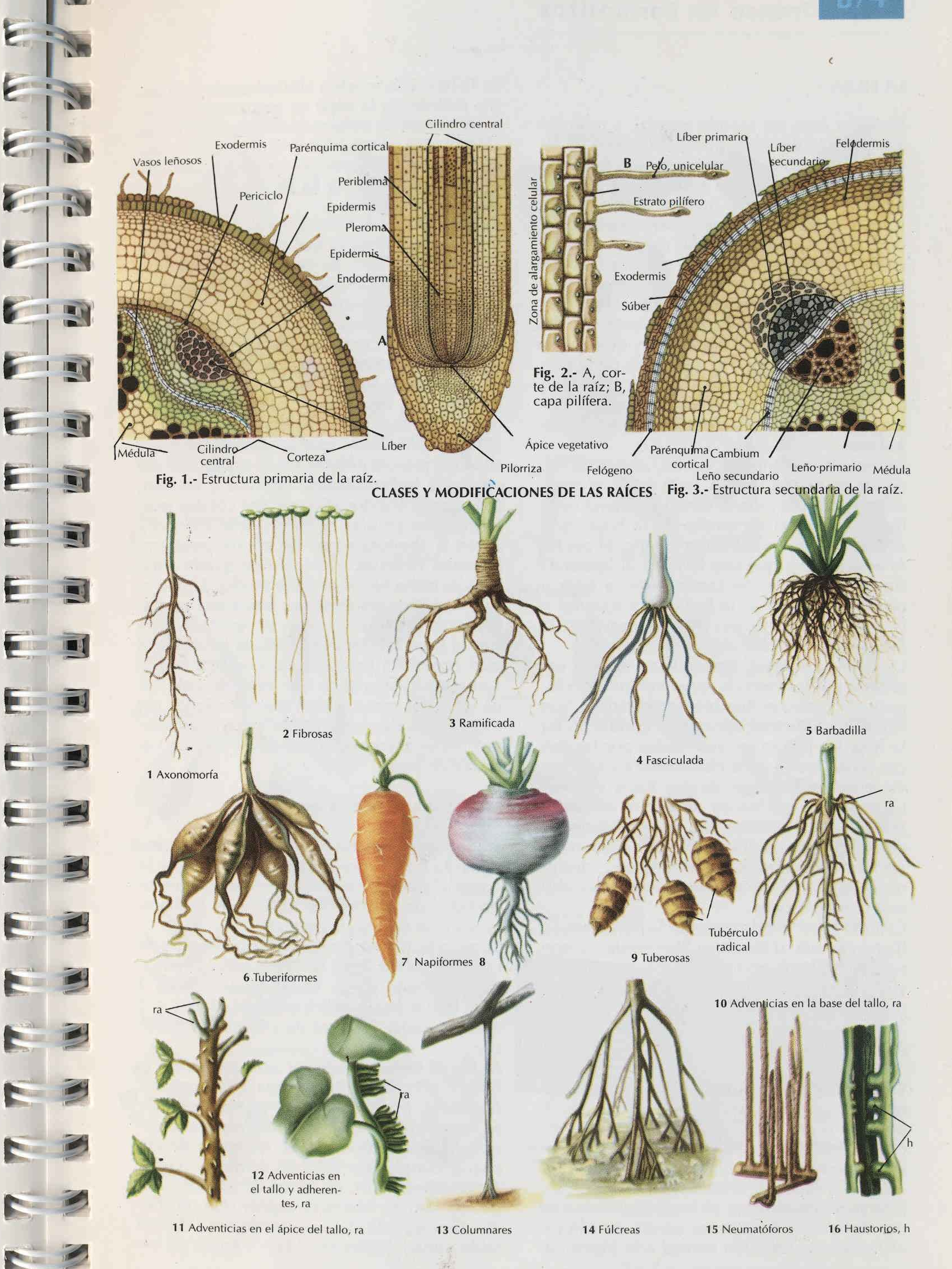


Fig. 1.- Estructura primaria de la raíz.

Fig. 2.- A, corte de la raíz; B, capa pilífera.

Fig. 3.- Estructura secundaria de la raíz.

CLASES Y MODIFICACIONES DE LAS RAÍCES

LA HOJA

Se llama *hoja,* en sentido general, a todo *órgano que brota lateralmente del tallo o de las ramas, de crecimiento limitado y de forma laminar.* Atendiendo a la sucesión en el tallo, hay cinco categorías, que, de abajo arriba, son: *cotiledones* o *embriofilos, catafilos* (ya descritos), *nomofilos* u hojas propiamente dichas, *hipsofilos* y *antuofilos* u hojas florales. Los *cotiledones* tienen la función protectora y nutricia del embrión; los *catafilos,* la protectora de los rudimentos y la reservante; los *nomofilos,* la de síntesis clorofílica y de transpiración; los *hipsofilos,* la protectora de la flor, y los *antofilos* la de reproducción. Aquí sólo trataremos de los *nomofilos* e *hipsofilos,* dejando para más adelante los *antofilos* y *cotiledones.*

La hoja propiamente dicha, o nomofilo, consta de tres partes (fig. 1): la *vaina,* el *pecíolo* y la *lámina foliar* o *limbo.* La *vaina* es la base más o menos ancha de la hoja, que abraza parcial o totalmente al tallo. El *pecíolo* es el rabillo, que une la vaina al limbo. El *limbo* es la porción laminar de la hoja y consta de dos caras: la *haz* o cara superior y el *envés* o cara inferior, y de tres regiones: la *base,* el *ápice* y las *márgenes* o *bordes.*

La lámina foliar está recorrida en toda su extensión por los *nervios,* cuyo conjunto y disposición recibe el nombre de *nervadura.* Son hacecillos fibrovasculares que conducen en la hoja los productos absorbidos por las raíces *(savia bruta) y* los elaborados en ella *(savia elaborada)* que se dirigen hacia el tallo, La nervadura consta de un *nervio medial* o *principal,* que destaca por su tamaño de los demás y cuyas ramificaciones constituyen los *nervios secundarios, terciarios,* etc., designándose con el nombre de *nérvulos* las últimas ramificaciones.

Cuando éstas se anastomosan la nervadura se llama *cerrada;* si terminan libremente, la nervadura recibe el nombre de *abierta.* Los nervios hacen resalte en el envés y quedan hundidos en la haz.

Anatomía de la hoja

En un corte transversal del limbo (fig. 2) se observa que está limitado por arriba y abajo, por uno o dos estratos de células epidérmicas, la *epidermis superior* y la *epidermis inferior,* revestidas de cutícula, muy gruesa en la epidermis superior. Entre las dos existe un tejido parenquimático, el *mesofilo,* formado por dos zonas: la superior consta de células alargadas en dirección normal a la superficie de la haz, con muchos cloroplastos y con pocos meatos, es la *capa en empalizada;* la inferior consta de células oblongas, con menos cloroplastos, dispuestas irregularmente y dejando entre ellas grandes meatos o *lagunas,* por lo que esta zona ha recibido el nombre de *capa lacunosa.*

En el centro de la lámina foliar se presenta la sección del haz principal del nervio medial, acompañado o no de otros haces longitudinales de menor importancia; todos tienen el líber hacia el envés y el leño hacia la haz. Cada hacecillo está envuelto por una vaina amilífera, y el conjunto, por un parénquima incoloro, el *parénquima acuífero,* cuyos estratos externos son colenquimáticos, formando una capa resistente y protectora que lateralmente enlaza con la epidermis inferior.

LOS ESTOMAS. — Son pequeñas aberturas situadas principalmente en la epidermis del envés de la hoja (véase figura 2 y en lám. D/1, fig. 6), franqueadas por dos células reniformes, las *células oclusivas,* que cierran y abren la abertura según las condiciones ambientales externas. El canal que queda entre ellas se estrecha en su parte media. El *aparato estomático* presenta las siguientes partes: el *ostíolo* u orificio externo, el *vestíbulo anterior,* el *poro central* y el *vestíbulo posterior,* el cual comunica mediante otro orificio con la *cámara subestomática* que sirve de colector de los gases que circulan por los meatos del mesofilo. Todas estas partes sufren variaciones importantes, presentando el estoma variedad de tipos.

Morfología de la hoja

Son variadísimas las formas que puede presentar la hoja y, por lo tanto, muy copiosa la nomenclatura correspondiente. Ante la imposibilidad de exponerlas todas, nos limitaremos a citar las más importantes.

Cuando la planta carece de hojas (espina de cruz, cactáceas, etc.) se llama *afila.* El tamaño de la hoja puede variar desde apenas 2 mm, en las hojas imbricadas del ciprés, a 2 m en las hojas flotantes de *Victoria amazónica.*

A) Por el limbo. Puede ser *asimétrica* (1), *orbicular* (17), *oval* (5), *oblonga* (9), *ovada* (6), *poligonal, triangular,* etcétera. Por analogía, se llama: *cordiforme* (8); *reniforme; espatulada* (10); *cocleariforme* (11), en forma de cuchara; *cuneiforme* (23), en forma de cuña; *panduriforme* (20), en forma de guitarra; *flabelada* (24) en abanico; *sagital* (18), en flecha; *lanceolada* (12); *acinaciforme* (16), en sable curvo; *ensiforme* (13), en forma de es-

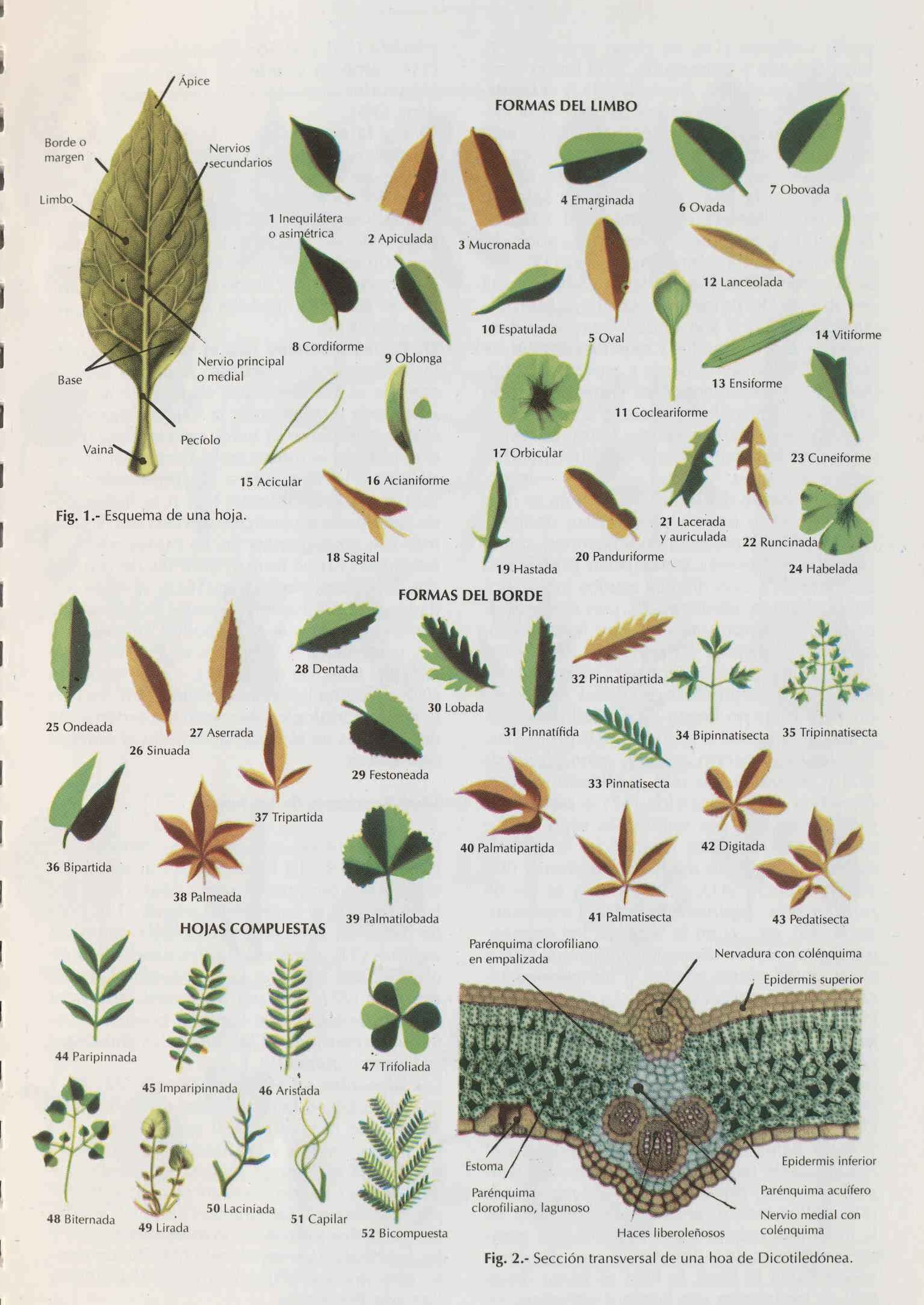


Fig. 1.- Esquema de una hoja.

Fig. 2.- Sección transversal de una hoa de Dicotiledónea.

pada; *vitiforme* (14), en cinta; *acicular* (15), larga delgada y puntiaguda. Si el limbo parece como desgajado, *lacerada* (21), y si los gajos son arqueados hacia el pecíolo, *runcinada* (22). Cuando el ápice es muy agudo, *acuminada;* si forma bruscamente una punta o un pezón tendremos, respectivamente, la *apiculada* (2) o la *mucronada* (3); si el ápice es entrante se llamará *emarginada* (4). Cuando la base lleva apéndices divergentes, *auriculada* (21), si son transversales, *hastada* (19).
Si la superficie es lisa, se llama *glabra;* si está recubierta de pelos muy cortos y tupidos, *aterciopelada;* si son finos y suaves, *pubescente;* si son inclinados y relucen como la seda, *seriícea;* si son gruesos y ásperos al tacto, *híspida;* si son intermedios entre los pubescentes y los híspidos, *vellosa,* y si son ramificados y se enmarañan como borra, *tomentosa*. Estas denominaciones también pueden aplicarse al tallo.
B) Por el borde del limbo. — La hoja se dice *entera* cuando tiene el borde liso; *ondeada* (25) si además presenta ondulaciones; *sinuada* (26), si presenta senos poco profundos; *aserrada* (27), con dientes agudos inclinados hacia el ápice; *dentada* (28), con dientes poco agudos; *festoneada* (29), con festones; *lobada* (30), dividida en porciones redondeadas y puede ser *pinnatilobada* (30) o *palmatilobada* (39). Si presenta profundas entalladuras pero éstas no llegan a la mitad del semilimbo, *pinnatífida* (31). Si son más profundas, sin llegar al nervio medial, *pinnatipartida* (32) y *palmitipartida* (40), pudiendo ser ésta *bipartida* (36), *tripartida* (37) o *palmeada* (38), según que los segmentos sean 2, 3 o más, respectivamente. Cuando las entalladuras llegan al nervio medial, *pinnatisecta* (33) y *palmatisecta* (41); si la primera se divide nuevamente, *bipinnatisecta* (34), *tripinnatisecta* (35), etc.; si en la segunda los segmentos tienen bordes divergentes, *digitada* (42) y si las entalladuras afectan a los nervios secundarios, *pedatisecta* (43).
HOJAS COMPUESTAS. — Cuando los segmentos toman la forma de hojitas, *folíolos,* con sus pecíolos (*peciólulos)* arrancando del nervio medial, en este caso llamado *raquis,* la hoja recibe el nombre de *compuesta* (lám. D/5), pudiendo ser *pinnaticompuesta* (44, 45 y 46) y *palmaticompuesta*. En la primera el raquis puede terminar por dos folíolos, *paripinnada* (44), por uno solo, *imparipinnada* (45), o libremente, *aristada* (46). Cuando en la imparipinnada el segmento apical es grande y redondeado y los demás van disminuyendo hacia la base, la hoja se llama *lirada* (49). Si los folíolos son largos y estrechos, *laciniada* (50) y si son filamentosos, *capilar* (51). También puede ser varias veces compuesta: *bicompuesta* (52), *biternada* (48), etc. (lám. D/5).
C) Por la nervadura. — Cuando los nervios secundarios arrancan del medial como las barbas de una pluma, la hoja es *pinnatinervia* (1); si todos arrancan de un mismo punto, *palmatinervia* (2) y si son paralelos entre sí *paralelinervia* (3). En esta última, si los nervios son rectos, *rectinervia* (4), si son curvos, *curvinervia* (5) y si desde la base hasta el ápice son paralelos también a los bordes, *campilodroma* (6).
D) Por su inserción con el tallo. — Cuando la hoja carece de pecíolo, se llama *sésil;* si además el limbo circuye totalmente al tallo, *perfoliada* (10); cuando la vaina abraza parcial o totalmente al tallo, *envainadora* (8), y si el pecíolo se inserta en el centro del limbo, *peltada* (7). En cuanto a sus posiciones mutuas en el tallo: *opuestas* (12) si se hallan dos en cada nudo en posición encontrada; si además son superpuestas las de nudos alternos, *tetrásicas* (13), si forman cruz las de dos nudos contiguos, *decusadas* (16), y si están soldadas por sus bases, *connatas* (15); cuando son tres o más que se disponen en cada nudo, *verticiladas* (17); si sólo se insertan en la base del tallo, *en roseta* (11), y si se disponen siguiendo una hélice, *esparcidas* (14). La parte de la morfología que estudia la ordenación de las hojas en el tallo ha recibido el nombre de *filotaxis*.

Modificaciones de las hojas

Cuando el limbo está perforado, tenemos un *cletrófilo* (19). La hoja puede transformarse en *zarcillo,* bien por el raquis (20) o bien por la vaina (21), y también en *espina* (35). Puede presentar formas cerradas, tales como los *ascidios* (32) y *utrículos* (33). Cuando el pecíolo se hace foliar se llama *filodio* (30). Las *estípulas* (27 y 28) son apéndices laminares en la base foliar, que también pueden transformarse en espinas (34); las de las gramíneas se llaman *lígulas* (29).
Los hipsofilos — Son las *brácteas* (22, 26 y 31), situadas en la proximidad de la flor, que difieren de la hoja normal por su forma, color y consistencia, y las *bracteolas* (24), situadas en un eje lateral de una inflorescencia (lám. F/5). Cuando abrazan el tallo son *amplexicaules* (26). Las brácteas situadas alrededor de la flor forman un *involucro* (23 y 25) y las bracteolas, un *involucelo* (23; Puede existir otro involucro que envuelva al primero, llamado *filario* (25).



Representación gráfica de la filotaxis.

Tronco IX: Cormófitos arqueogoniados

DIVISIÓN DE LOS CORMÓFITOS

Acabamos de ver en los cuatro capítulos anteriores que los Cormófitos son vegetales pluricelulares, con tejidos y órganos bien diferenciados, como son el tallo, la raíz y las hojas. También hemos visto que poseen en sus células abundantes y diminutos cloroplastos, siendo por lo tanto, autótrofos, excepto alguna que otra especie degradada saprofítica o parásita. Añadiremos aquí que poseen casi siempre multiplicación vegetativa. La reproducción sexual tiene una fase diploide, el esporófito, y otra haploide, el gametófito (para estos términos, véase lám. C/1). Ambos pueden llevar una vida autónoma o no, y en cuanto a su importancia, unas veces está más desarrollado el esporófito y otras, el gametófito. Los Cormófitos ofrecen la particularidad de presentar una fase juvenil, el *embrión,* que unas veces se desarrolla sobre la planta madre (el gametófito) y otras, dotado con antelación de materiales de reserva (la semilla), prosigue su desarrollo libremente. Debido a la existencia de un embrión, los Cormófitos se designan también con el nombre de *Embriófitos.*

Los Cormófitos probablemente proceden de las Clorofíceas (véase lám. de la portada), pues así parece indicarlo, entre otros, la similitud de los elementos fotosintetizantes. Se clasifican en dos grandes divisiones: *Arquegoniados* y *Antófitos.*

DIVISIÓN I. ARQUEGONIADOS

Reproducción acuática por anteridios, que producen espermatozoides, y *arquegonios* conteniendo oosferas. El embrión (esporófito) se desarrolla en el gametófito, con o sin destrucción subsiguiente de éste. Se dividen en dos grupos o subdivisiones: *Briófitas* y *Pteridófitas.*

SUBDIVISIÓN I. BRIÓFITAS

Vegetales con el cuerpo diferenciado en *caulidios, rizidios y filidios,* análogos a los tallos raíces y hojas de los vegetales superiores. Existencia de un primordio llamado *protonema,* filamentoso o laminar. Alternación de generaciones en dos fases íntimamente unidas, viviendo el esporófito como un verdadero parásito sobre el gametófito. Éste, que lleva los anteridios y arquegonios, está supeditado al agua, pues ésta es el único vehículo para que los espermatozoides alcancen a la oosfera.

Las Briófitas se dividen en dos clases: los *Musgos* y las *Hepáticas,*

Clase 1.ª Musgos

El gametófito. — Todo Musgo (fig. 1) al salir de la espora forma el llamado *protonema* (fig. 2, sup.), filamentoso o laminar, a veces muy ramificado, semejante a un alga pero con los tabiques transversales de sus células oblicuos. Del protonema, provisto de algunos rizidios incoloros, nacen mediante yemas los caulidios con sus filidios, que constituyen el gametófito (fig. 1), el cual posee todavía muchos de los caracteres del talo. El caulidio (fig. 2, inf.) en las especies más evolucionadas, consta de un haz central de células xilemáticas, el *hadroma,* rodeado de otras floemáticas, el leptoma. Los filidios son sésiles y están formados por un solo estrato de células con abundantes cloroplastos, aunque en la parte axial presentan casi siempre un engrosamiento pluristratificado a modo de nervio, a veces ramificado.

En las sumidades de los caulidios se forman, en unas, los anteridios y, en otras, los arquegonios, con paráfisis intercaladas y rodeados de un involucro de filidios (figs. 3 y 4). El arquegonio es el órgano sexual femenino, ampuliforme y de largo cuello, que lleva en su interior la oosfera u ovocélula.

Tienen además multiplicación vegetativa, pues cualquier parte es apta para producir un protonema. También se multiplican asexualmente por propágulos aislados o reunidos en glomérulos (fig. 4, D).

El esporófito. — El cuello del arquegonio se llena de un mucus, el cual atrae los espermatozoides salidos del anteridio, uno de los cuales fecunda a la ovocélula. De esta fecundacion se origina el embrión *(esporófito o esporogonio),* que afianzándose en el fondo del saco arquegonial, va creciendo en forma de tallo erecto (fig. 5, A), llamado *seta.* Las paredes del arquegonio debido al crecimiento del embrión, se desgajan, quedando los restos en la parte superior, donde forman la cofia, mientras el extremo superior de aquél se abulta para formar la urna o *esporangio.* Cuando éste llega a la madurez consta de las siguientes partes: un engrosamiento de la seta, no constante y situado en la base, llamado *hipófisis;* una cámara, *saco esporógeno,* conteniendo las esporas, sin eláteres y atravesado axialmente por la *columela,* y un dispositivo oclusivo que consta de una *opérculo,* y el *anillo* o *peristoma* formado éste (fig. 5, B) por dientes o filamentos que rodean el orificio, cubierto o no de una membrana (figura 5, A).

Clase 2.ª Hepáticas

Las *Hepáticas* presentan diversidad de for-

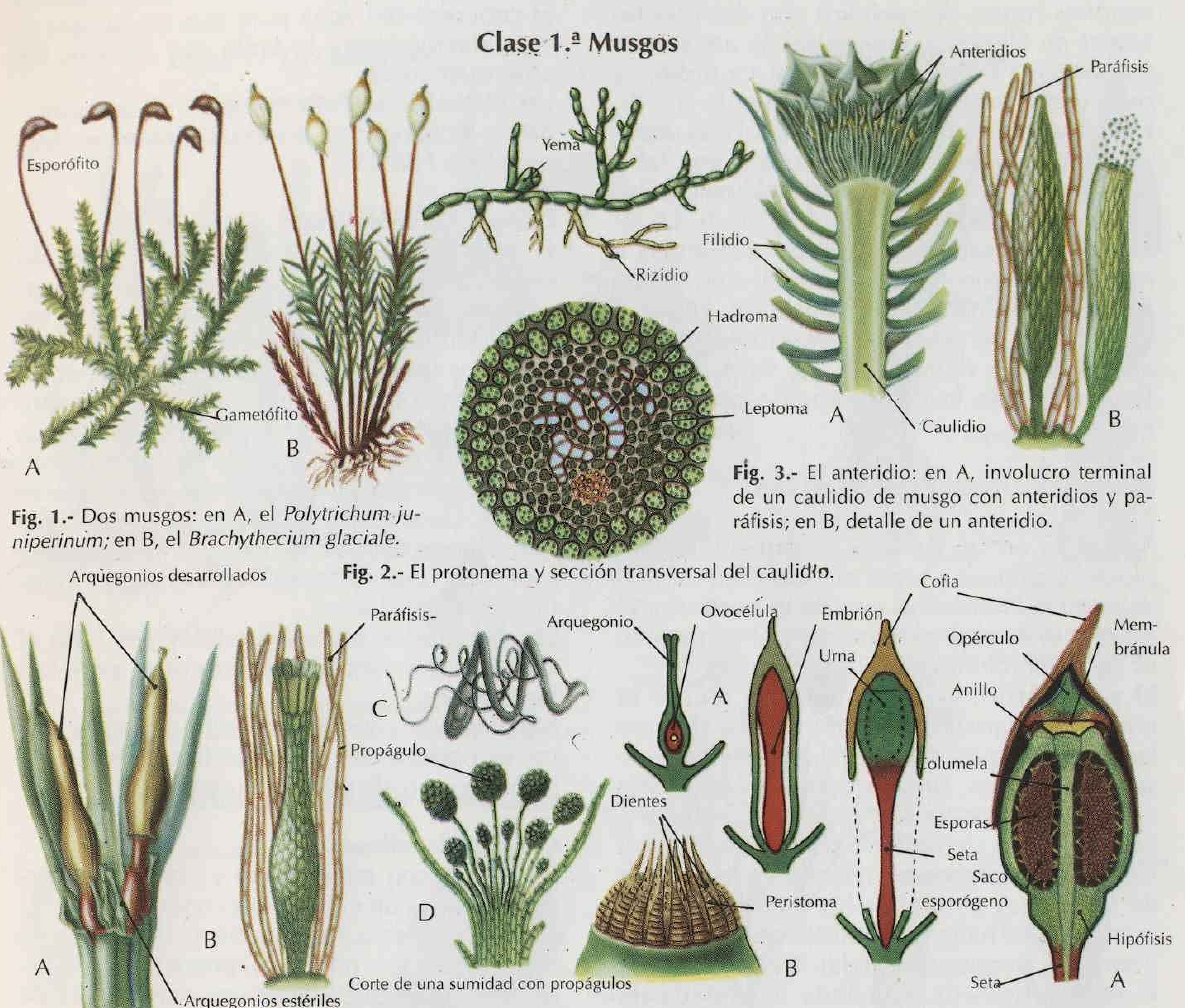


Fig. 1.- Dos musgos: en A, el *Polytrichum juniperinum;* en B, el *Brachythecium glaciale.*

Fig. 2.- El protonema y sección transversal del caulidio.

Fig. 3.- El anteridio: en A, involucro terminal de un caulidio de musgo con anteridios y paráfisis; en B, detalle de un anteridio.

Fig. 4.- El arquegonio: en A, arquegonios en la sumidad de un caulidio de musgo, dos de ellos desarrollados y los otros dos estériles; en B, detalle de un arquegonio; en C, espermatozoide de *Sphagnum;* en D, propágulos de un musgo.

Fig. 5.- El esporogonio: en A, formación y corte esquemático de un esporogonio; en B, urna del arquegonio sin el opérculo, mostrando el peristoma.

Clase 2.ª Hepáticas

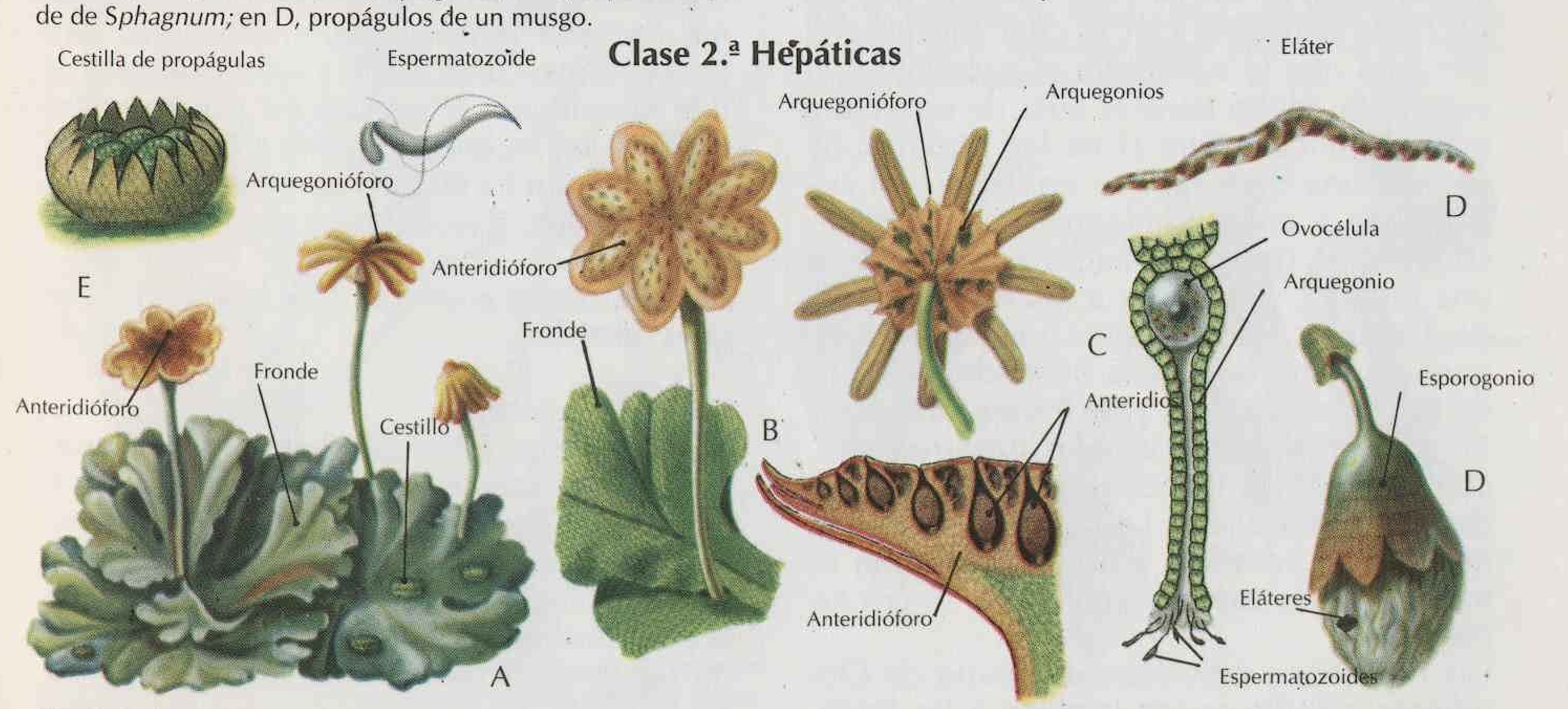


Fig. 6.- La hepática *Marchantia Polymorpha.* En A, conjunto de la planta; en B, fragmento de una fronde masculina con un anteridióforo y corte parcial del mismo; en C, arquegonióforo y detalle de un arquegonio; en D, esporogonio y un eláter; en E, cestilla de propágulos.

mas. Unas veces, la parte vegetativa del gametófito consta de caulidios con dos filas laterales de filidios y otra ventral de *anfigastros* (pequeños filidios aplicados al caulidio), y otras veces es taloide (lám. E/1, fig. 6, A y B). El protonema es reducido y foliar. En el esporofito (esporogonio) falta la cofia como tal y la columela, en cambio, posee *eláteres*, células alargadas estériles (lám. E/1, fig. 6, D) situadas en el saco esporógeno y reducidas a membranas con refuerzo espiral, que sírven para la diseminación de las esporas. En algunas especies se presentan anteridióforos y arquegonióforos (lámina E/1, fig. 6, A, B y C). También existe la multiplicación por propágulos

SUBDIVISIÓN II. PTERIDÓFITAS

Así como en las Briófitas el gametófito (haploide) predomina sobre el esporófito (diploide), en las Pteridófitas sucede lo contrario, el esporófito es el predominante y el gametófito es de proporciones casi insignificantes

El gametófito. — El gametófito recibe el nombre de *protalo*; es de forma casi siempre laminar, aunque, raramente, también puede ser filamentoso; unos presentan coloración verdosa, y entonces son autótrofos, epigeos y provistos casi siempre de rizoides; otros son incoloros, hipógeos o viviendo en el interior de la espora. En ambos los anteridios y arquegonios se hallan embutidos en su espesor, y son más simples que en las Briófitas.

El esporóflto.—La ovocélula fecundada da lugar a un embrión o joven esporófito que consta de un tallo incipiente, de uno o dos cotiledones, de raíces y del llamado *pie*, especie de haustorio con el cual succiona el alimento que le suministra el gametófito. El esporófito adulto tiene el tallo de estructura más complicada que el de las Briófitas. Se aprecia una corteza, con epidermis, el colénquima y con endodermis, y un cilindro central con periciclo, haces conductores y una médula. En cuanto a las hojas las hay de dos tipos: los *microfilos* u hojas muy pequeñas, como las de los licopodios (fig. 1), de los psilotos (fig. 3) y de los equisetos (fig. 4), y los *macrofilos* u hojas desarrolladas, como las de los helechos (lám. E/3), llamadas también *frondes*. Las frondes reciben el nombre de *trofofilos* cuando su función es trófica y el de *esporofilos* cuando llevan esporas.

Las Pteridófitas provienen del grupo de Clorofíceas que dio origen también a las Briófitas, habiendo evolucionado mucho más que éstas en sentido de la adaptación subaérea.

Sin embargo, el gametófito todavía necesita el concurso del agua para que se cumpla la fecundación y por lo tanto son ciliados los espermatozoides.

Las Pteridófitas se dividen en 5 clases principales: *Licopodiinas, Isoetinas, Psilotinas, Articuladas* y *Filicinas*.

Clase 1.ª Licopodiinas

El esporófito posee un tallo no diferenciado en nudos y entrenudos, con microfilos esparcidos o insertados helicoidalmente, raras veces verticilados. Esporofilos agrupados en verticilos bien individualizados (fig. 1) en el extremo del tallo y poco distintos de los trofofilos. Esporangios solitarios, situados en la base de la haz o en la axila de los esporofilos. Raíces cortas ramificadas dicotómicamente. Gametófito (protalo) de forma variable, hipogeo, en simbiosis con micorrizas y monoico. Espermatozoides biciliados, raramente multiciliados.

Los licopodios están difundidos por todo el Globo. La mayoría son terrícolas, pero los hay epífitos.

Muchos son conocidos porque de sus esporas se obtiene el «polvo de licopodio», empleado como absorbente cutáneo.

Clase 2.ª Isoetinas

Esporófito con tallo grueso y corto, bulbiforme, leñoso, con corteza secundaria. Esporofilos los semejantes a los trofofilos, largos, estrechos, dispuestos en roseta, provistos en la base de la *lígula* (fig. 2) y de una cavidad donde se aloja el esporangio. Los externos llevan un macrosporangio y los más internos un microsporangio, recubiertos por una membrana, llamada *indusio*. Las micrósporas dan protalos masculinos y las macrósporas los dan femeninos. El protalo es, por lo tanto, dioico y tan incipiente que no sobresale de la espora que lo ha producido. Espermatozoides multiciliados. Raíces largas con división dicotómica.

Los isoetos son acuáticos o propios de los parajes húmedos.

Clase 3.ª Psilotinas

Esporófito con tallo ramificado por bifurcaciones sucesivas, no diferenciado en nudos y entrenudos (fig. 3); con un hacecillo conductor axial. Sin hojas o con numerosos microfilos. Esporangios bi o triloculares situados sobre esporofilos bipartidos, hacia el extremo de las ramas. Protalo (gametófilo) hipogeo, sin clorofila, en simbiosis con hongos endocelulares y provisto de rizoides. Plantas vivaces por rizomas, sin raíces.

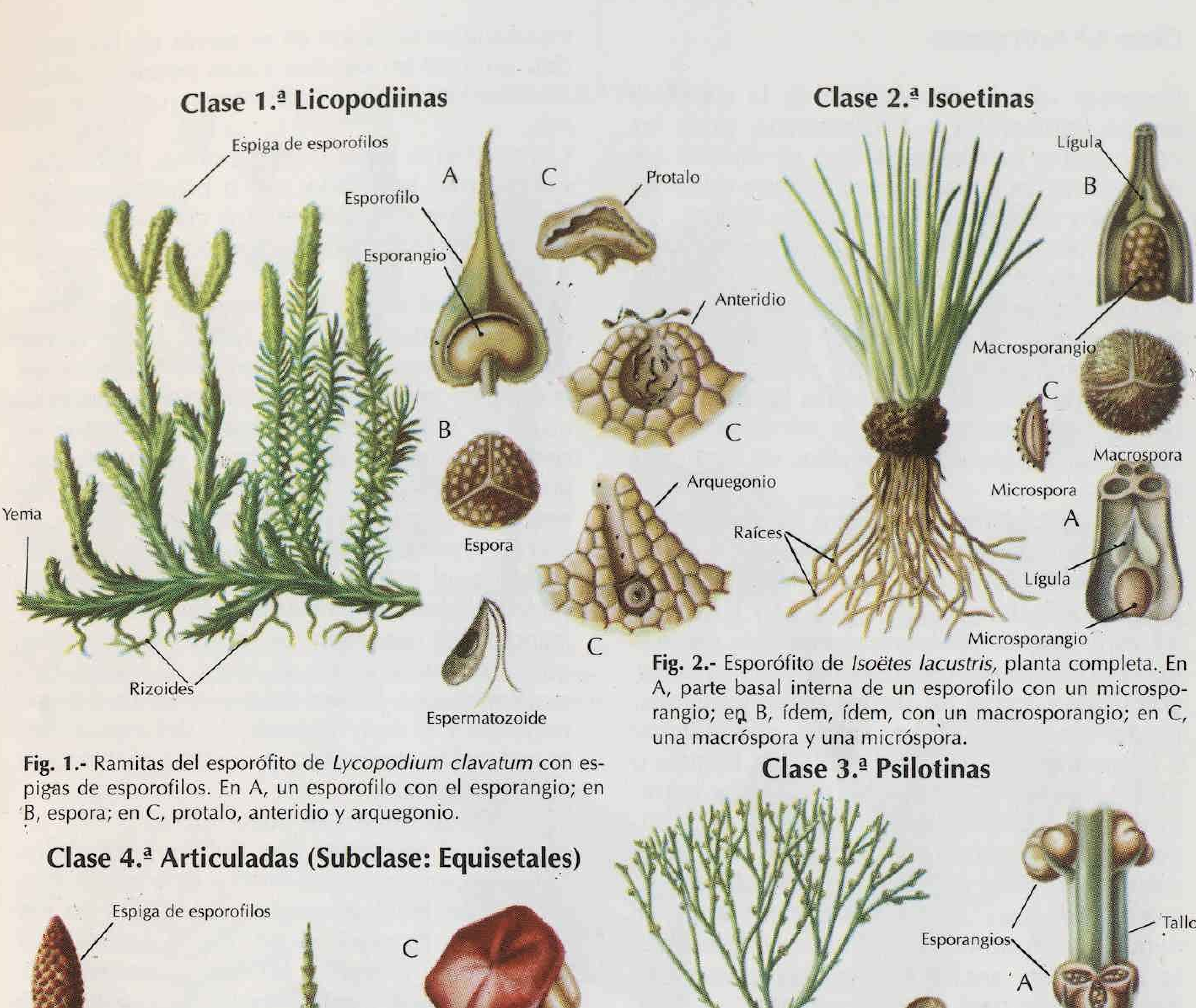


Fig. 1.- Ramitas del esporófito de *Lycopodium clavatum* con espigas de esporofilos. En A, un esporofilo con el esporangio; en B, espora; en C, protalo, anteridio y arquegonio.

Fig. 2.- Esporófito de *Isoëtes lacustris*, planta completa. En A, parte basal interna de un esporofilo con un microsporangio; en B, ídem, ídem, con un macrosporangio; en C, una macróspora y una micróspora.

Clase 3.ª Psilotinas

Clase 4.ª Articuladas (Subclase: Equisetales)

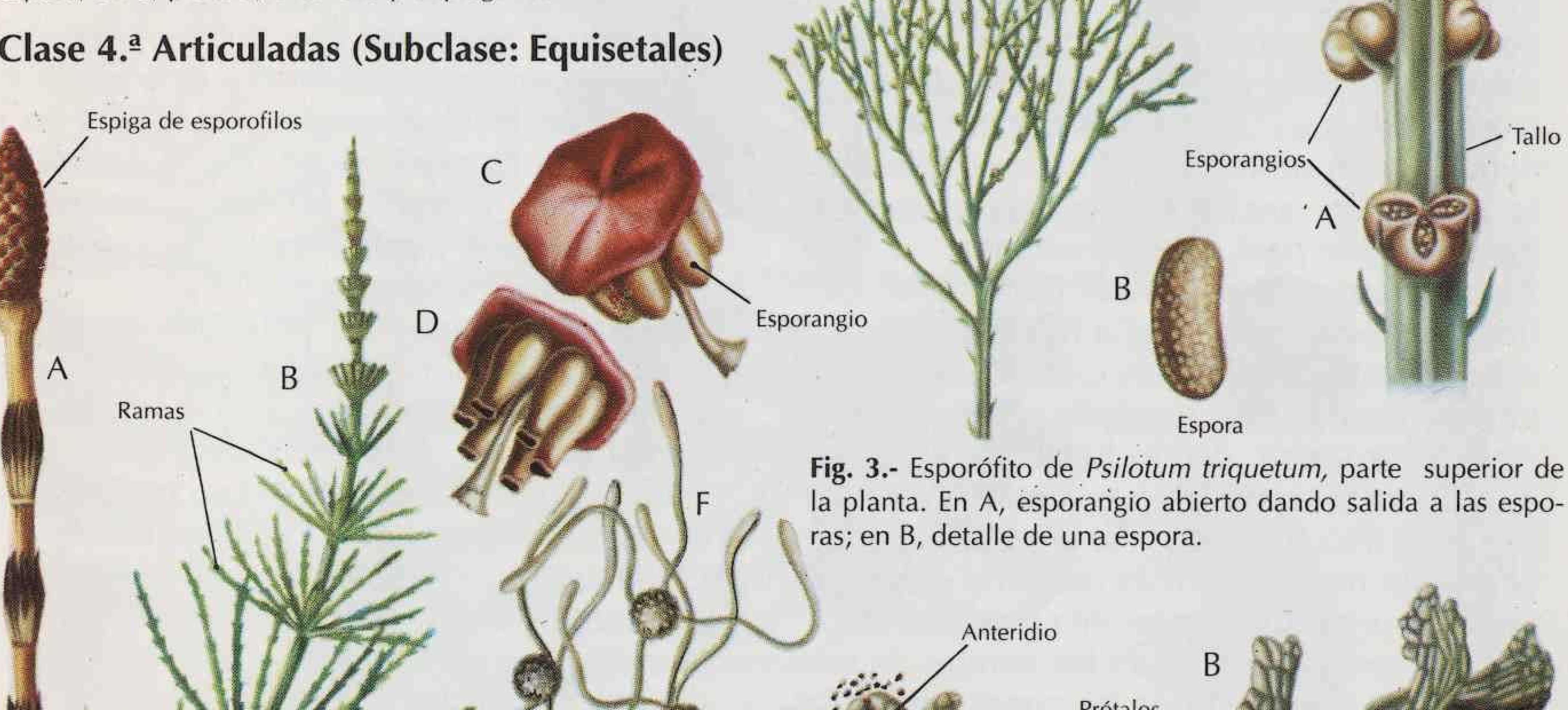


Fig. 3.- Esporófito de *Psilotum triquetum*, parte superior de la planta. En A, esporangio abierto dando salida a las esporas; en B, detalle de una espora.

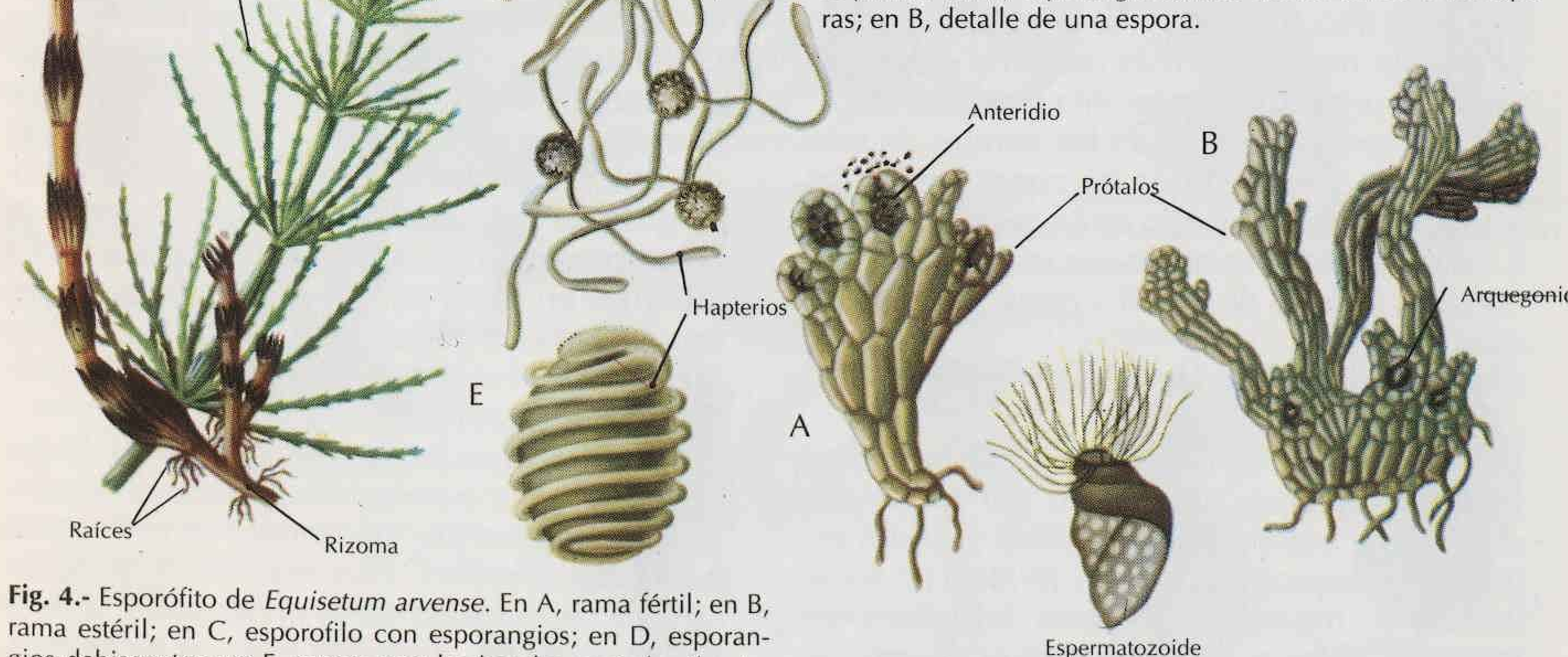


Fig. 4.- Esporófito de *Equisetum arvense*. En A, rama fértil; en B, rama estéril; en C, esporofilo con esporangios; en D, esporangios dehiscentes; en E, espora con las bandas espirales (hapterios) del perisporio arrolladas; en F, esporas sueltas.

Fig. 5.- Gametófitos de *Equisetum arvense*. En A, protalo masculino; en B, protalo femenino.

Clase 4.ª Articuladas

Daremos sólo la descripción de la subclase de las *Equisetales* o *Equisetíneas,* pues las otras cuatro subclases en que se dividen las Articuladas ya se extinguieron hace millones de años y sólo se hallan en estado fósil.
Esporófito con el tallo articulado presentando nudos y entrenudos manifiestos (lám. E/2, fig. 4), con ramas verticiladas en los nudos. Estructura del tallo formada por una epidermis, un colénquima y un cilindro central con hacecillos de tipo colateral; todas las células se hallan muy silicificadas. Las ramas verticiladas llevan microfilos dispuestos en verticilos alternos.
Esporofilos peltados, de forma subhexagonal, formando el conjunto una espiga en el extremo de las ramas. Cada esporofilo lleva debajo del borde (lámina E/2, fig. 4, D y C) de 5 a 12 esporangios sésiles. Las esporas, además de las dos capas *(endosporio* y *exosporio),* comunes a todas las de los Arquegoniados, poseen una tercera, el episporio, que al llegar a la madurez se desgarra en cuatro bandas o cintas (hapterios) ensanchadas en los extremos; son higroscópicas, debido a lo cual, con ambiente seco permanecen arrolladas sobre la espora (íd. E), permitiendo a ésta cambiar de lugar impulsada por el viento; en cambio, con ambiente húmedo y favorable, se distienden, anclando a la espora en el lugar adecuado para su germinación.
Algunas especies presentan dimorfismo caulinar, es decir, que del tallo hipogeo o rizoma salen vástagos fértiles, sin clorofila (íd. A), los cuales, después de producir y dispersar las esporas se secan, dando lugar a que se produzcan otros verdes de función trófica.
El gametófito (lám. E/2, fig. 5) es dioico, con el protalo masculino más pequeño que el femenino, provistos de clorofila y de rizoides.
Los equisetos abundan en los parajes de suelo arenoso y húmedo de las zonas templadas y subtropicales. Cuando están secos y debido a su contenido en sílice, se usan para pulir metales, objetos de marfil y otros.

Clase 5.ª Filicinas o Helechos

Esporófitos con tallo la mayoría de las veces hipogeo (rizoma), careciendo por lo general de nudos y entrenudos. Trofofilos (frondes estériles) y esporofilos (frondes fértiles) no localizados en regiones especiales del tallo y semejantes entre sí, grandes y muy desarrollados; cuando jóvenes presentan vernación circinada. Cada esporofilo contiene numerosos esporangios situados en el envés de las frondes, aunque en algunos casos pueden hallarse situados en los bordes; se agrupan en soros.
Gametófito o protalo tuberiforme, lenticular, cordiforme, aplanado, epi o hipogeo, con o sin clorofila y con rizoides o con micorrizas, monoicos. Espermatozoides pluriciliados (fig. 5, B).
El ciclo vital de los helechos está representado esquemáticamente en la fig. 1. De la espora germinante nace un protalo (gametófito) que lleva anteridios y arqueogonios (monoico). Los anteridios producen espermatozoides pluriciliados, que nadando dentro de una gota de rocío, por ejemplo, se dirigen a los arqueonios para fecundar a las oosferas. El zigoto resultante da lugar a la formación del embrión, el cual forma una plántula (esporófito) que absorbe y destruye al protalo. En los frondes del esporófito se forman esporangios con esporas fértiles y el ciclo se repite. Recordemos que la fase haploide es la del gametófito y la fase diploide, la del esporófito; la reducción cromática se verifica al formarse las esporas.
Las Filicinas presentan cuatro tipos.
En unas, el esporófito (fig. 2) tiene las frondes divididas en una parte fértil y otra estéril (fig. 2, A), con los esporangios colocados en los bordes de la primera (íd. B); el gametófito (protalo) sin clorofila, hipogeo, con micorrizas; anteridios y arqueoonios situados en la parte superior e inferior (id. C).
En otras, el esporófito (fig. 3) tiene frondes grandes palmati o pinatisectas, con estípulas en la base; los esporangios en el envés, agrupados a veces, formando *sinangios* (íd A). Protalo laminar, con clorofila, con anteridios en ambas caras y arquegonios en la inferior.
Un tercer grupo lo forman los Helechos propiamente dichos. El esporófito (fig. 4) tiene grandes frondes uniformes, pero, a veces, se diferencian en trofofilos y esporofilos; esporangios de dehiscencia lateral por medio de un dispositivo higroscópico llamado *anillo* y reunidos en soros (id. A y B), protegidos o no por un indusio. Protalo aplanado, cordiforme (fig. 5), con los anteridios, arquegonios y rizoides en la cara inferior.
El último grupo lo forman pequeños Helechos acuáticos o palustres con el tallo repente o rizomatoso (fig. 6), frondes sencillas, con hojas radiciformes; con macro y microsporangios reunidos en soros unisexuales, que se hallan sobre hojas modificadas en recipiente, llamadas esporacarpos (fig. 6, B y C). Protalos reducidos, dioicos (fig. 6, D).

Clase 5.ª Filicinas

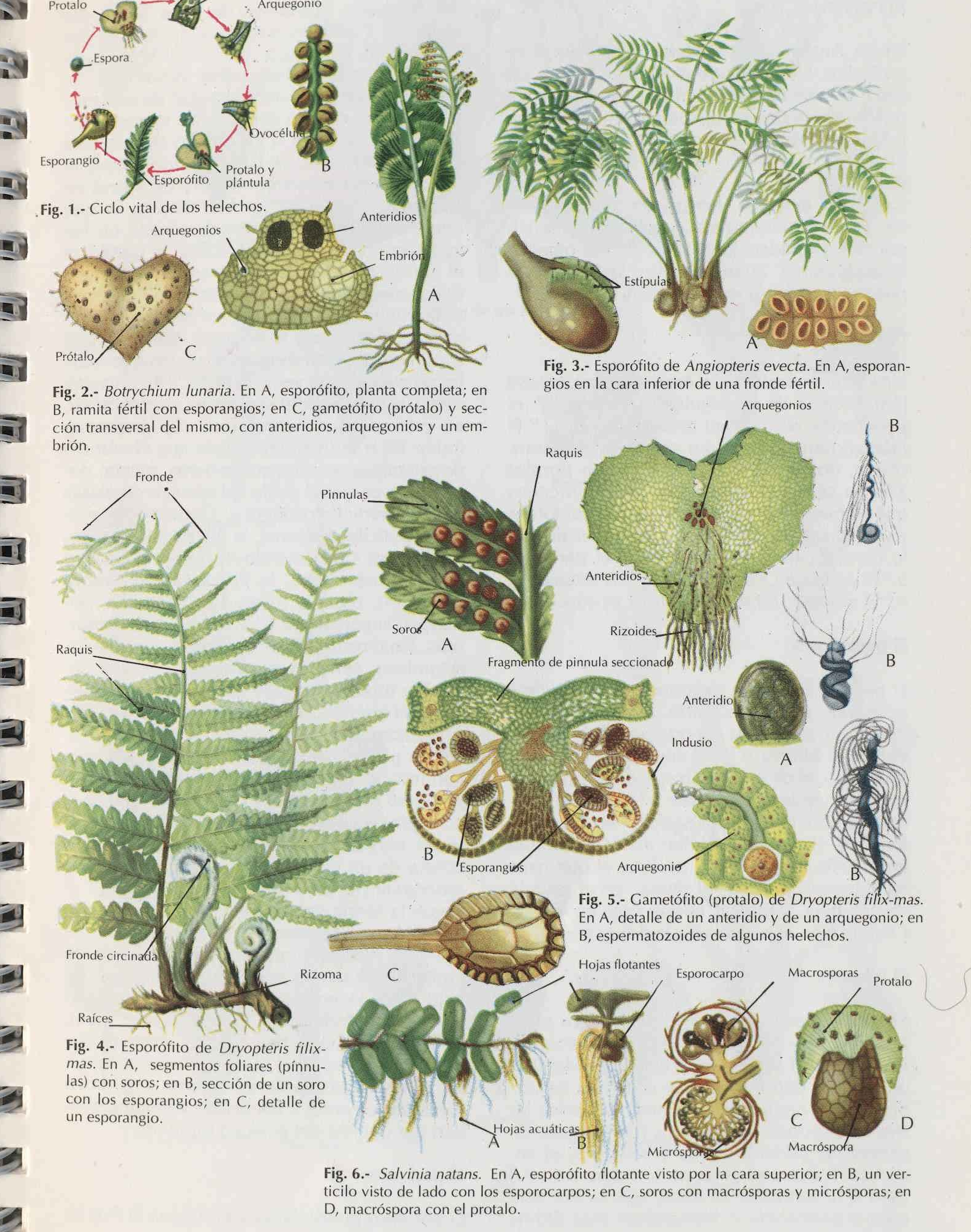


Fig. 1.- Ciclo vital de los helechos.

Fig. 2.- *Botrychium lunaria.* En A, esporófito, planta completa; en B, ramita fértil con esporangios; en C, gametófito (prótalo) y sección transversal del mismo, con anteridios, arquegonios y un embrión.

Fig. 3.- Esporófito de *Angiopteris evecta.* En A, esporangios en la cara inferior de una fronde fértil.

Fig. 4.- Esporófito de *Dryopteris filix-mas.* En A, segmentos foliares (pínnulas) con soros; en B, sección de un soro con los esporangios; en C, detalle de un esporangio.

Fig. 5.- Gametófito (protalo) de *Dryopteris filix-mas.* En A, detalle de un anteridio y de un arquegonio; en B, espermatozoides de algunos helechos.

Fig. 6.- *Salvinia natans.* En A, esporófito flotante visto por la cara superior; en B, un verticilo visto de lado con los esporocarpos; en C, soros con macrósporas y micrósporas; en D, macróspora con el protalo.

Tronco IX: Cormófitos antófitos. (Reproducción)

REPRODUCCIÓN

En los Antófitos, la reproducción se localiza en la *flor*. La flor, en sentido botánico, es un *brote de crecimiento definido con hojas que producen órganos reproductores*. De estas hojas, las más apicales o internas son esporofilos y las más inferiores o externas son antofilos.

Las flores externas, hermosamente coloreadas y que a menudo exhalan perfume, tienen por función, además de proteger los órganos reproductores, atraer aquellos insectos que puedan facilitar la reproducción.

PARTES DE LA FLOR

Una flor completa de Angiosperma (véase lám.) consta de las siguientes partes: 1.º, el *pedúnculo*, rabillo que sostiene la flor. 2.º El *tálamo*, parte del eje, en general algo ensanchada, donde se insertan las piezas florales 3.º Los *sépalos*, antofilos poco modificados que forman el *cáliz*. 4.º Los *pétalos*, antofilos ya mucho más modificados que constituyen la *corola*; cáliz y corola forman el perianto. 5.º El *androceo*, compuesto por los *estambres*. 6.º El *gineceo*, formado por los *carpelos*.

El pedúnculo

El pedúnculo puede definirse como el *último entrenudo del tallo situado debajo de la flor*. Puede ser *sencillo* si soporta una flor; *bifloro*, el que se bifurca y lleva dos flores; *ramoso o multifloro*, el de una inflorescencia (véase lám. F/5), llamándose *pedicelos* a las ramificaciones del principal. Por su posición en la planta: *terminal*, si remata un tallo; *axilar*, el situado en la axila de una hoja: *caulino*, el que nace en el tronco; *peciolar*, el situado en el pecíolo de una hoja, y *radical*, el que nace en la raíz. Cuando falta el pedúnculo, la flor es *sésil*.

El tálamo

El tálamo viene a ser *un eje con nudos y entrenudos muy próximos*. Las piezas florales se insertan en él según una línea helicoidal (flor *acíclica)*, o parte de ellas se disponen en verticilos *(flor hemicíclica)*, o bien son todas las que se disponen en verticilos *(flor cíclica)*. En general, el perianto forma 2 verticilos, el androceo 1 ó 2 y el gineceo 1, o sea, un total de 4 ó 5 verticilos; es decir, que la flor será *tetra* o *pentacíclica*, llamándose esta última *flor completa*. El número de verticilos puede variar de 1 (*flor monocíclica)* hasta 16 *(flor policíclica)*. El número de antofilos de cada verticilo puede también variar desde 1 a 30, y se disponen de manera que las de un verticilo alternan con las del verticilo inmediato.

Relacionando entre sí el número de antofilos de cada verticilo, se llamará *homómera* la flor que tenga el mismo número de piezas en cada verticilo (núm. 5); *heterómera*, la que tenga un número distinto de piezas en los verticilos (núm. 7); *heterocíclica*, la que tiene el mismo número de piezas en todos los verticilos menos en uno (número 6).

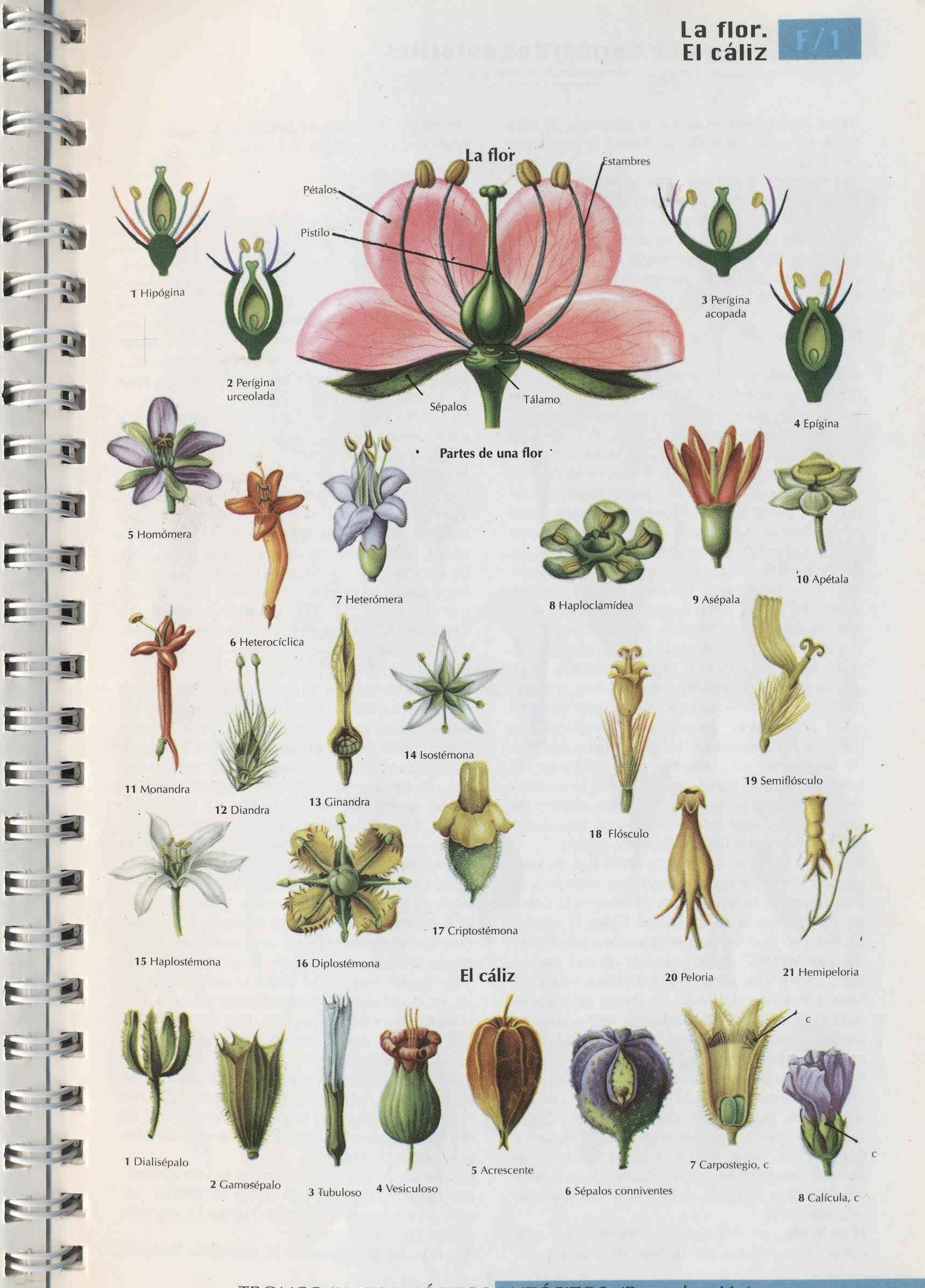
Si la comparación se hace en relación al número de estambres, la flor será: *isostémona*, si el número de estambres es el mismo que el de las piezas de cada verticilo (núm. 14); *anisostémona*, si este número es distinto, pudiendo ser, en este caso, *meyostémona, diplostémona* (núm. 16) o *polistémona*, según que el número de estambres sea, respectivamente, menor, doble o mayor que el doble del número de piezas de cada verticilo periántico. Cuando sólo existe un verticilo estaminal, la flor es *haplostémona* (número 15). Teniendo en cuenta el número total de estambres, la flor será: *monandra* (núm. 11), *diandra* (núm. 12). *triandra... poliandra*, según tenga 1, 2, 3..., o más estambres. Finalmente, si en la flor son visibles los estambres, será *fanerostémona*, y si por ser aquélla tubulosa no son visibles los estambres desde el exterior, será *criptostémona* (núm. 17).

Comparando el número de carpelos con el de las piezas de cada uno de los verticilos periánticos, tendremos la flor *isógina*, cuando aquel número es el mismo (núm. 14). y la *anisógina*, cuando el número es distinto, tanto en más como en menos. Si el gineceo consta de un solo carpelo, tendremos la flor *monógina* y si consta de varios, la *polígina*.

Según la forma del tálamo y la situación relativa del gineceo con los otros verticilos, la flor será *hipógina* cuando, siendo el tálamo convexo, los demás verticilos quedan por debajo del gineceo (núm. 1); *perígina* si el tálamo es urceolado (núm. 2) o acopado (núm. 3) y los otros verticilos quedan aproximadamente al mismo nivel que el gineceo, y *epígina*, si en el caso anterior tálamo y gineceo son concrescentes y los demás verticilos quedan por encima del gineceo (núm. 4).

El perianto

El perianto puede faltar y entonces la flor se



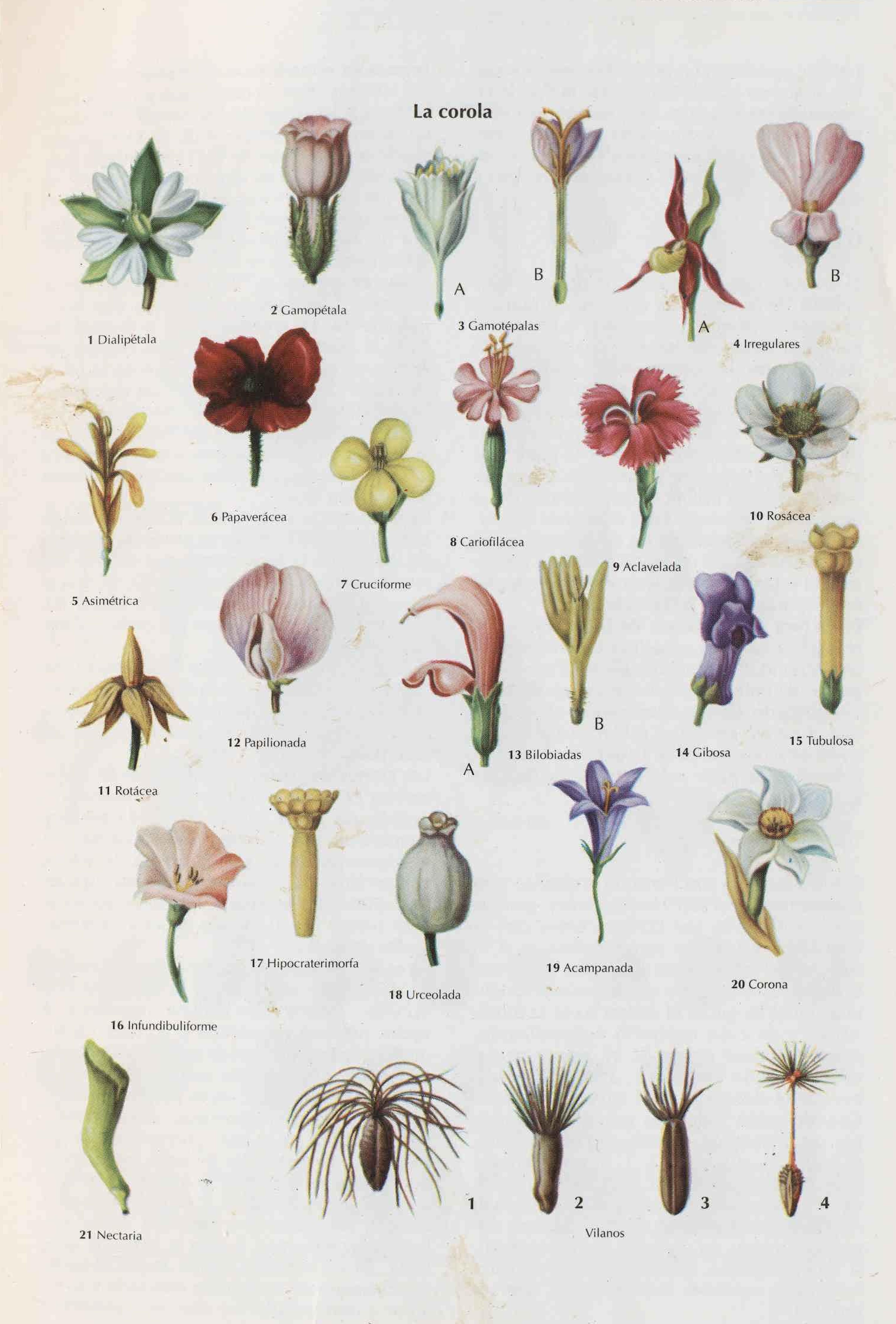
llama *aclamídea* (núm 12) o *desnuda.* Si sólo tiene un solo verticilo se llama *haploclamídea* (núm. 8).
Si tiene dos y difieren por la forma, consistencia y color de sus respectivas piezas, tendremos la flor *heteroclamídea,* y si todas las piezas del perianto son iguales o muy semejantes, la flor es *hemoclamídea;* en este caso el perianto se llama *perigonio,* y las piezas del cáliz y de la corola, *tépalos.*

El cáliz

Es el verticilo más externo de la flor y está formado por antofilos, llamados *sépalos,* casi siempre de color verde. Si los sépalos son libres, el cáliz es *dialisépalo* (lám. F/1, núm. 1 del cáliz) o *corisépalo.* Si están unidos entre sí en una longitud variable, es *gamosépalo* (íd., núm. 2), constituyendo la parte soldada, el *tubo,* y la parte libre, el *limbo;* la unión entre ambos forma la *garganta.* Si en un cáliz gamosépalo las entalladuras son muy profundas, se llama *partido (bipartido, tripartido, multipartido);* si lo son poco, *hendido (bífido, trífido, multífido)* y si el limbo forma sólo dientes, *dentado (bidentado, tridentado, multidentado).*
El cáliz, tanto el dialisépalo como el gamosépalo, es *actinomorfo* o *regular,* cuando tiene por lo menos dos planos de simetría, y zigomorfo o *irregular* cuando sólo tiene uno. El cáliz actinomorfo puede ser: *campanulado* (lámina F/1, núm. 2); *tubuloso* (íd., número 3); *vesiculoso* (id., núm. 4), *urceolado,* etc. El cáliz zigomorfo puede ser: *labiado,* si se divide en dos gajos; *galeado,* cuando alguno de los sépalos tiene forma de casco; *espolonado,* cuando lleva una abolladura aguda.
En cuanto a su permanencia en la flor, es *caedizo* si se desprende cuando se marchita la flor; *fugaz,* si lo hace antes de abrirse la corola; *persistente* si se mantiene hasta la maduración del fruto, y si persiste pero marchito, *marcescente.* Cuando además de ser persistente crece formando una envoltura membranosa alrededor del fruto, se llama *acrescente* (lám. F/1, núm. 5) y si además se transforma en pelos plumosos, cerdas estipitadas, etc., que acompañan al fruto maduro, forma los llamados *vilanos* (núm. 1, 2, 3 y 4, inf.). En algunas flores sin corola, los sépalos, coloreados o no, pueden ser *connimentes,* es decir, separados por sus bases y unidos en el ápice (lámina F/1, núm. 6). En la garganta de algunos cálices existen cerdas especiales de protección que forman el llamado *carpostegio* (íd., núm. 7).
El calículo. — A veces el pedúnculo puede llevar otras hojitas por debajo del cáliz y entre éste y las primeras brácteas, las cuales forman el *calículo* (lam. F/1, núm. 8).

La corola

La corola constituye el segundo verticilo del perianto. En sus antofilos o *pétalos* se distinguen dos partes: la *uña,* que es la parte estrecha por la que se une al tálamo, y la *lámina* o *limbo,* que es la parte ensanchada, cuya morfología es semejante a la de la hoja simple. Tanto la corola como el cáliz son *dímeros, trímeros, tetrámeros, pentámeros, etc.,* según que el número de piezas florales sean 2, 3, 4, 5, etc.
La corola puede ser *dialipétala* (número 1) o *gamopétala* (núm. 2) y actinomorfa (regular) o zigomorfa (irregular). Entre las dialipétalas actinomorfas hay las formas siguientes: *cruciforme,* con 4 pétalos opuestos dos a dos (núm, 7); *cariofilácea* o *aclavelada,* con 5 pétalos de uña larga y estrecha (núm. 8 y 9); *rosácea,* con 5 pétalos de uña corta (núm. 10). En las dialipétalas zigomorfas sólo hay la forma *papilionácea,* con 5 pétalos, uno grande y ancho (núm. 12), el *estandarte* o vexilo, dos laterales más pequeños y simétricos, las *alas,* y otros dos inferiores, unidos por el ápice, que forman la *quilla.*
Entre las gamopétalas actinomorfas, tenemos: la *tubulosa* (núm. 15); *hipocrateriforme,* tubulosa pero que remata en un limbo manifiesto (núm. 17); *campanulada,* en forma de campana (núm. 19); *infundibuliforme,* en forma de embudo (núm. 16); *rotácea,* con el limbo que recuerda los radios de una rueda (núm. 11), y *urceolada,* con el tubo muy ventrudo y el limbo reducido (núm. 18). Entre las gamopétalas zigomorfas tenemos: *labiada,* igual que el cáliz del mismo nombre, llamándose *gálea* el labio superior y *labíolo* el inferior (núm 13, A y B); *personada* o *gibosa,* cuando el labíolo tiene una abolladura, llamada *paladar,* que cierra la garganta (núm. 14); *ligular,* cuando el limbo tiene un solo gajo, tri o quinquedentado, formando una lengüecita (lám. F/1, núm. 19). Esta flor se la llama también *semiflósculo* (lámina F/1, núm. 19); *flósculo* (lám. F/1, núm. 18) cuando es tubulosa, pentámera y forma parte del capítulo de una compuesta (véase lám. F/5). En cuanto a la simetría, hay una tercera clase de flor: la *asimétrica* (núm. 15), es decir, sin ningún plano de simetría.
Los pétalos de algunas corolas llevan apéndices ligulares que forman hacia el interior como una segunda corola llamada *corona* (núm. 20) o *paracorola.*
Algunas flores, debido a la anomalía llamada



peloria, aparentan un grado de simetría superior al que en realida tienen. Así, la flor de *Linaria* (lámina F/1, núm. 20), que normalmente es pentámera y zigomorfa, aparece como actinomorfa con 5 espolones, llamándose *hemipeloria* (íd., núm. 21) si aparece sólo con 4 espolones.

El androceo

El androceo es el *conjunto de órganos masculinos de la flor.* Estos órganos, en número variable, se llaman *estambres,* y en la flor completa forman el tercer y cuarto verticilo floral. El estambre consta de dos partes: el *filamento estaminal* y la *antera* (figuras 1 y 2). El *filamento* es la parte estéril del estambre que sostiene la antera y de forma generalmente filamentosa. La *antera* es la parte más abultada del estambre y consta de cuatro cavidades o *sacos polínicos* que reunidos dos a dos forman las *tecas.* Éstas contienen las micrósporas, llamadas *granos de polen,* y están unidas entre sí por un tejido estéril, el *conectivo.* El estambre viene a ser el homólogo del microsporangio de los helechos.

Estructura y dehiscencia de la antera. — En el interior se halla un tejido esporógeno, el *arquesporio,* cuyas células darán origen a los granos de polen, rodeado de un tejido nutricio, llamado *tapete*; envolviendo el anterior está el *estrato mecánico o fibroso* (figura 2) a cuyas tensiones se debe la dehiscencia de la antera; en la parte más exterior existe una epidermis.

Tipos de androceos

Si los estambres son libres, el androceo será *dialistémono* y si son concrescentes, *gamostémono.* Cuando son concrescentes con la corola, los estambres son *corolinos,* y si lo son con el gineceo se llamarán *epíginos.* Cuando los estambres son aproximadamente de igual longitud, el androceo es *homodínamo,* y en caso contrario *heterodínamo,* denominándose *mono, di, tri, tetra* y *pentadínamo,* según tenga 1, 2, 3, 4, ó 5 estambres más desarrollados que los demás. Cuando están todos los estambres unidos por sus filamentos, el androceo es *monadelfo* (núm. 3), si forman 2, 3, 4 o más grupos de estambres unidos, el androceo será *diadelfo* (4), *triadelfo, tetradelfo (5)* o *poliadelfo (6 y 7)* respectivamente. Si los estambres tienen sus anteras en contacto, *connivente* (8); si están soldadas, *sinantéreo* (9), y si, además, están soldados los filamentos, *sinfiandro* (10).

Formas de estambres.— El fllamento es a veces laminar, otras es ramificado y con la base soldada a las bases de los demás, formando un androceo *meristémono* (B, 2). El filamento puede ser *arborescente* (B, 1) o también puede faltar y entonces la antera es *sésil.* A veces, los estambres son de tan exiguas dimensiones que son estériles, recibiendo el nombre de *estaminodios* (B, 3); pueden llevar apéndices, *apéndices estaminales* (B, 4).

Clases de anteras. — Según el lugar donde se inserta el filamento en la antera, ésta será: *dorsifija* (D, 1), *apicifija* (D, 2) o *basifija* (D, 3), si el punto de inserción está, respectivamente, en el dorso, en el ápice o en la base. La antera consta casi siempre de dos tecas, pero en algún caso una de ellas aborta y se transforma en una lámina petaloide; entonces la otra teca constituirá una antera *monoteca* (D, 5); en cambio, en otros casos puede tener hasta cuatro tecas.

La dehiscencia de la antera puede ser *longitudinal* cuando la fisura se produce en sentido del eje de la teca; *transversal* si es en dirección perpendicular al mismo (D, 4); *apical* si se verifica mediante un orificio apical (D, 6), y *foraminal* si tiene lugar por orificios laterales con ventallitas (D, 7).

Cuando las anteras están envueltas o se abren hacia el centro de la flor, se llaman *introrsas* (D, 8); si en sentido contrario, hacia afuera, *extrorsas,* y si adoptan una posición intermedia. *laterales*

Los granos de polen. — Cada grano de polen es una célula generalmente redondeada u ovoide, de 2 μ a 250 μ, protegida por dos membranas: una, externa, llamada *exina,* rica en esporopolenina, y otra interna, la *intina,* con pectina. En la exina se presentan pequeños redondeles hundidos, los *poros germinativos* (véase fig, 3), donde aquélla es sumamente delgada.

La exina, en algunos granos de polen, consta de dos zonas: una interna, la *endexina* (fig. 4), y la *ectexina,* más externa, recubierta, a veces, por una membrana o *tectum.* La superficie aparece adornada por grabaduras diversas (fig. 5), pudiendo ser rugulada, estriada, reticulada, etc.; a veces presenta excrescencias tales como verrugas, mamelones y púas. En la fig. 4 se han representado de un modo esquemático las diversas estructuras que puede presentar el grano de polen: 1, con columelas sencillas; 2, con tectum perforado; 3, con columelas digitadas; 4, con columelas confluentes; 5, con la ectexina abollada. En las restantes figuras la mitad superior corresponde a un grano intectado y la inferior a otro tectado; en ellas se representan

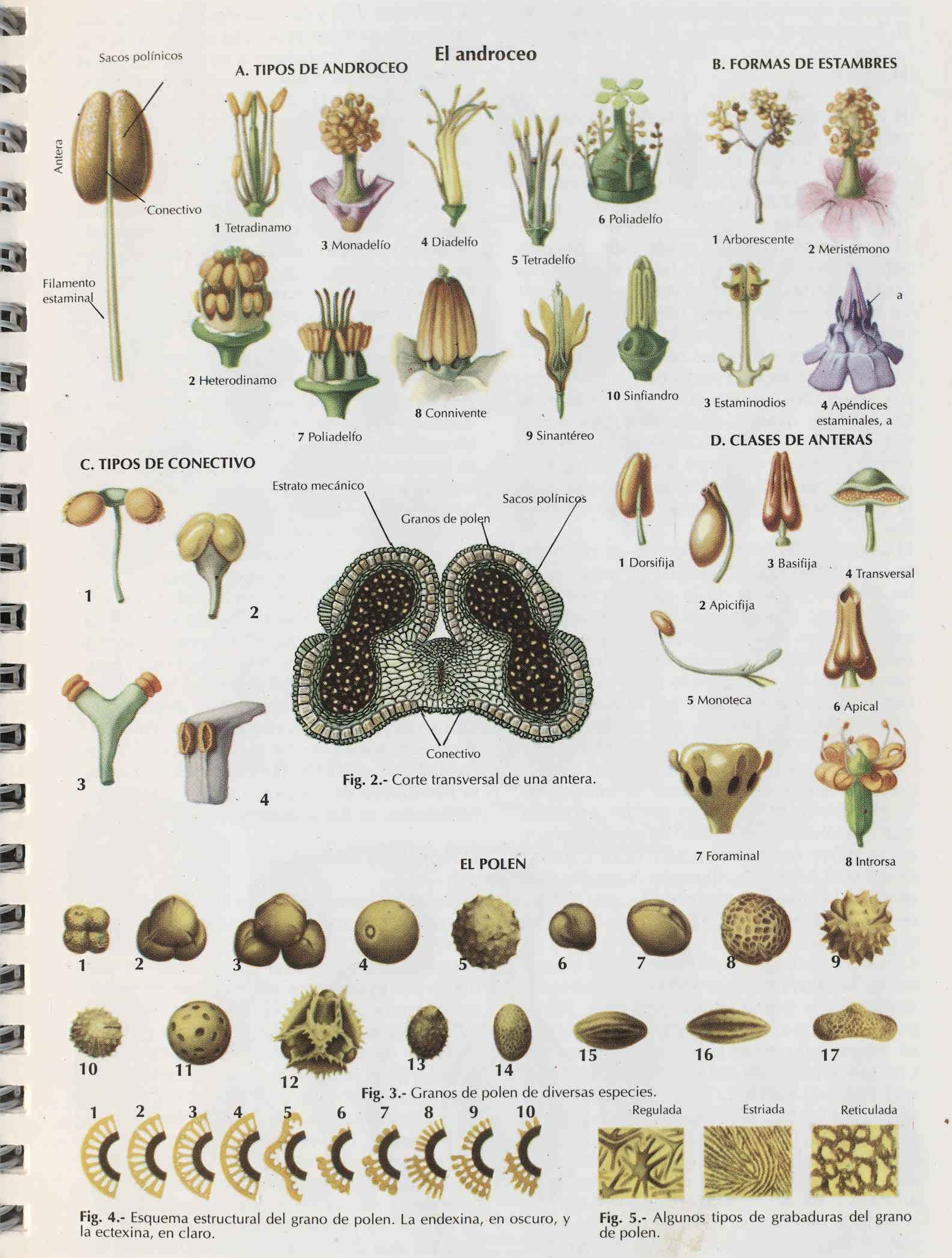


Fig. 2.- Corte transversal de una antera.

Fig. 3.- Granos de polen de diversas especies.

Fig. 4.- Esquema estructural del grano de polen. La endexina, en oscuro, y la ectexina, en claro.

Fig. 5.- Algunos tipos de grabaduras del grano de polen.

diversas clases de grabaduras: 6 y 7, *gemada;* 8, *baculada*; 9, *clavada*; y 10, *equinada.*

El gineceo

El gineceo es *el conjunto de órganos femeninos de la flor.* Estos órganos, en número variable, son los *carpelos* y en una flor completa forman el quinto y último verticilo floral. El carpelo consta de tres partes: el *ovario,* el *estilo* y el *estigma.*
El carpelo es una hoja modificada, plegada sobre si misma (fig. 2). En las Gimnospermas queda abierta, pero en las Angiospermas, salvo algunas excepciones, queda cerrada, formando el *ovario.* El carpelo es el homólogo del macrosporofilo de los helechos.
Si el gineceo está formado por varios carpelos separados independientes, formando otros tantos ovarios, se llamará *apocárpico* (fig. 3, núm. 1), y si los carpelos son concrescentes en mayor o menor grado, será *sincárpico* (íd., núm. 2), llamándose *paracárpico* si la concrescencia es solamente por los bordes.
El ovario. — El ovario es como un recipiente constituido por la base de la hoja carpelar, cerrada a causa de la concrescencia de sus bordes, o por varias hojas carpelares, que circuyen una cavidad llamada *cavidad ovárica.* Debido a la unión de los bordes del carpelo (fig. 2), queda en la parte externa un surco, la *sutura ventral,* y por la parte interna un tejido en resalto, que constituye la *placenta,* por más que dicha placenta puede tomar diversas posiciones dentro del ovario, como veremos más adelante. El interior de la placenta está recorrido por un pequeño haz liberoleñoso. el *hacecillo placentario,* y en la parte medial de cada hoja capelar existe otro hacecillo, llamado *hacecillo medial.* En la placenta se insertan, por medio de un cordoncillo o *funículo,* los *rudimentos seminales.*
Clases de ovario. — Si el ovario no es lateralmente adherente con el tálamo, se llama *libre* o *súpero* (véase lámina F/1, núm. 1); si, por el contrario, es adherente con el tálamo, se llama *adherente* o *ínfero* (íd. núm. 4) Cuando forma una sola cavidad, se llama *unilocular;* si forma 2, 3..., o más cavidades se llamará *bi, tri... plurilocular.*
PLACENTACIÓN. — Recibe el nombre de *placentación* la situación de la placenta en el carpelo y su posición en el ovario. Según lo primero tendremos: placentación *marginal,* cuando la placenta se halla en los bordes del carpelo (figura 4, números 1, 4 y 7); *laminal,* si se encuentra en la lámina carpelar (figura 4, números 2, 5 y 6) y *axial* si los rudimentos seminales parecen brotar del centro de la base del ovario. En cuanto a su posición en el ovario puede ser: *parietal,* cuando las placentas se hallan en las paredes del ovario (fig. 4, todos menos los números 3 y 8); y *central* si se encuentran en el eje (fig. 4, núm. 3, 4 y 8), pudiendo ser en este caso *apical* y *basal* según se hallen en el ápice o en la base del eje.
El estilo. — El estilo es la parte superior del ovario, prolongado en forma de estilete; teóricamente habrán tantos estilos como carpelos lo compongan el ovario, pero no ocurre siempre así, pues en no pocos casos aunque el ovario sea pluricarpelar el estilo es único (fig. 3, núm. 5).
Cuando son varios los estilos, pueden ser libres (íd., núm. 4), concrescentes en la base o en una mayor o menor longitud (íd., núm. 3). También puede ocurrir que los estilos no sean apicales sino *laterales* o que aparentemente arranquen de la base del ovario, *estilo ginobásico* (íd., núm. 9). En cuanto a su estructura interna, el estilo unas veces es fistuloso y otras está relleno del llamado *tejido conductor,* en el que se introduce el tubo polínico antes de la fecundación en el ovario.
El estigma. — Es la porción apical de la hoja carpelar y remata el estilo. Puede tener forma variada (fig 3, número 10) y corresponder a un estilo o a varios cuando éstos tienen concrescencia total. Cuando el estilo falta, el estigma es *sésil.* Para poder retener el polen, su estructura es unas veces glandular, rezumando líquidos azucarados o pegajosos, y otras es plumoso, como en las Gramíneas. Cuando la flor carece de estigma, como en las Gimnospermas, se llama astigmática.

El rudimento seminal

El rudimento seminal de las Angiospermas es el corpúsculo, ovoide por lo general, que se forma sobre la placenta y que consta de un cuerpo interior (fig. 5) o *nucela* envuelta por uno o dos *tegumentos* que arrancan de su base, llamados *primina,* el externo, y *secundina,* el interno, dejando un orificio en el ápice en forma de un pequeño canal, llamado *micrópilo.* En el interior de la nucela existe una gran célula, llamada *saco embrional,* homóloga a la macróspora de los helechos. Como ya hemos dicho, el rudimento se une a la placenta por el funículo, cuyo interior está recorrido por un hacecillo que termina en la base de la nucela base que lleva el nombre de *cálaza.* La pequeña área de unión del rudimento con el funículo recibe el nombre de *hilo.*

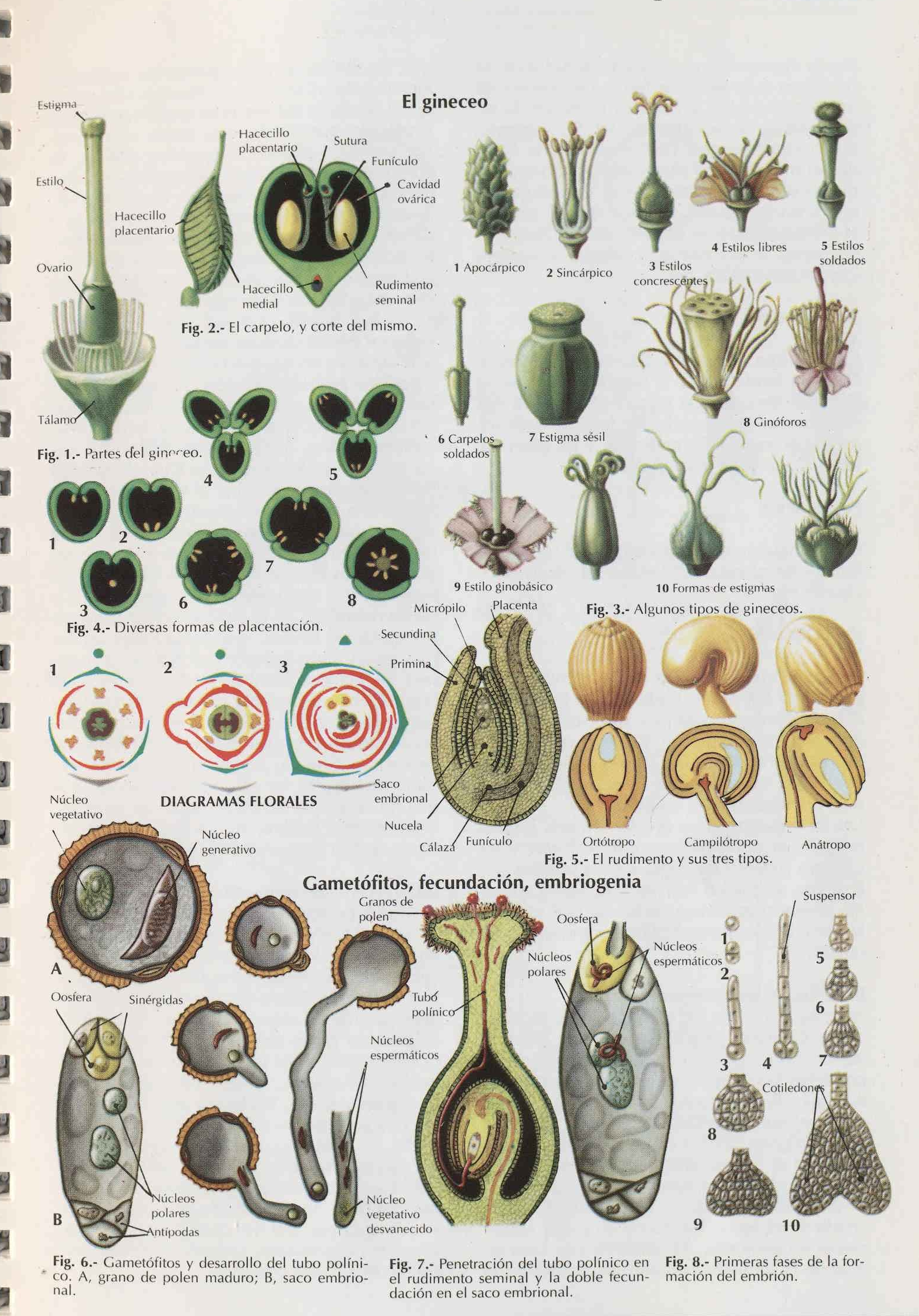


Fig. 1.- Partes del gineceo.

Fig. 2.- El carpelo, y corte del mismo.

Fig. 3.- Algunos tipos de gineceos.

Fig. 4.- Diversas formas de placentación.

Fig. 5.- El rudimento y sus tres tipos.

Fig. 6.- Gametófitos y desarrollo del tubo polínico. A, grano de polen maduro; B, saco embrional.

Fig. 7.- Penetración del tubo polínico en el rudimento seminal y la doble fecundación en el saco embrional.

Fig. 8.- Primeras fases de la formación del embrión.

Por su disposición en el ovario el rudimeto es *ortótropo* o *átropo* si se forma rectamente de modo que el hilo, la cálaza y el micrópilo estén en línea recta (lám. F/4, fig. 5); *anátropo*, si el rudimento gira 180° y se invierte hasta que el micrópilo se sitúa junto al hilo y el funículo se suelda al rudimento, constituyendo una línea en resalto, llamada *rafe;* si al girar, al mismo tiempo se encorva de modo que el micrópilo se acerque a la cálaza, se llamará *campilótropo* (lám. F/4, fig. 5).

Tipos sexuales de flores

Cuando una flor posee androceo y gineceo, se llama *hemafrodita.* Si falta el androceo, la flor será *femenina;* si falta el gineceo, la flor será *masculina.* Cuando por falta de desarrollo la flor carece de androceo y de gineceo, se llamará neutra y será estéril.

Prefloración

La prefloración es la disposición de las piezas florales en el capullo. Existen seis tipos principales (fig. 1).

INFLORESCENCIAS

Se llama *inflorescencia* a una ramificación terminada por flores. Cada una de las ramitas del eje primario o *raquis,* que sostiene una flor, se llama *pedicelo.* Cuando sólo existe una flor en el ápice del tallo o en la axila de una hoja, no hay inflorescencia, y la flor se dice entonces que es *solitaria.*
Las inflorescencias se dividen en dos grupos principales: las *racemosas* o *indefinidas,* y las *cimosas o definidas.* Unas y otras pueden ser, a su vez, *simples* o *compuestas,* según que el eje primario produzca pedicelos con una sola flor o que estos pedicelos se ramifiquen de nuevo.

Inflorescencias racemosas simples.

Aquellas cuyo eje tiene crecimiento teóricamente ilimitado, de ahí el nombre de *indefinidas* con que también se las conoce. Corresponden a la ramificación monopódica. Son de este tipo: RACIMO SIMPLE. — Consta de un eje principal que se ramifica monopódicamente a intervalos regulares. CORIMBO.—Ramificación como en el racimo pero los pedicelos son de tal longitud que las flores se abren al mismo nivel. UMBELA SIMPLE. — Eje principal ensanchado en el ápice, de donde arrancan radialmente los pedicelos, llamados en este caso *radios* de la umbela. Es como un racimo en el que las distancias que separan los pedicelos fueran nulas. CAPÍTULO. — Flores sésiles en el ápice dilatado del eje principal, llamado *receptáculo,* que puede tener forma más o menos convexa, plana o ligeramente cónica. Es como una umbela cuyos radios fueran nulos. ESPIGA. — Es un racimo con flores sésiles. AMENTO. — Como la espiga pero más denso y de eje flexible, péndulo, caedizo, generalmente de flores unisexuales y aclamídeas. ESPÁDICE. — Espiga con el eje grueso y carnoso, a veces con una gran bráctea o *espata.*

Inflorescencias cimosas simples.

Son aquellas en las que tanto el eje principal como los pedicelos tienen crecimiento limitado, de ahí el nombre de *definidas,* y rematan en una flor. Corresponden a la ramificación simpódica. Los tipos principales son: CIMA UNÍPARA O MONOCASIO. — Cuando debajo de la flor en que termina el eje principal se forma una sola rama lateral, que, a su vez, sólo produce otra y así sucesivamente. Si las ramas sucesivas arrancan de uno y de otro lado alternativamente, la cima se llamará CIMA HELICOIDE y si arrancan de un mismo lado, CIMA ESCORPIÓIDEA. En la helicoide se distinguen dos tipos: el RÍPIDIO, que tiene todas las ramas en un mismo plano, y el BÓSTRIX, con ramas en planos distintos. En la escorpióidea también hay dos tipos: el DREPANIO, con las ramas en un mismo plano, y el CINCINO, con las ramas en distintos planos. CIMA BÍPARA O DICASIO. — Cuando por debajo de la flor terminal del eje se forman dos ramas, de cada una de las cuales arrancan otras dos y así sucesivamente. También hay la TRÍPARA y la MULTÍPARA, según se formen tres o más ramas.

Inflorescencias compuestas

Los tipos principales son: PANÍCULA o racimo de racimos. PANÍCULA COMPUESTA. — Cuando en la anterior los tallitos secundarios son a su vez racimos compuestos. ANTELA. — Semejante a la panícula, pero las ramitas laterales superan a cada eje respectivo. CIMA UMBELIFORME. — Umbela cuyos radios son formas cimosas. CORIMBOTIRSO. — Es un corimbo de corimbos. RACIMO DE UMBELAS. — Racimo cuyos pedicelos llevan umbelas. RACIMO DE ESPIGAS. — Racimo cuyos pedicelos son espigas. UMBELA COMPUESTA. — Umbela cuyos radios llevan umbelas. ESPIGA COMPUESTA. — Espiga de espigas. SÍCONO. — Conjunto de espigas muy contraídas colocadas en un receptáculo cóncavo. CIATIO. — Formada por una flor central femenina largamente pedunculada, rodeada de flores masculinas de un solo estambre.

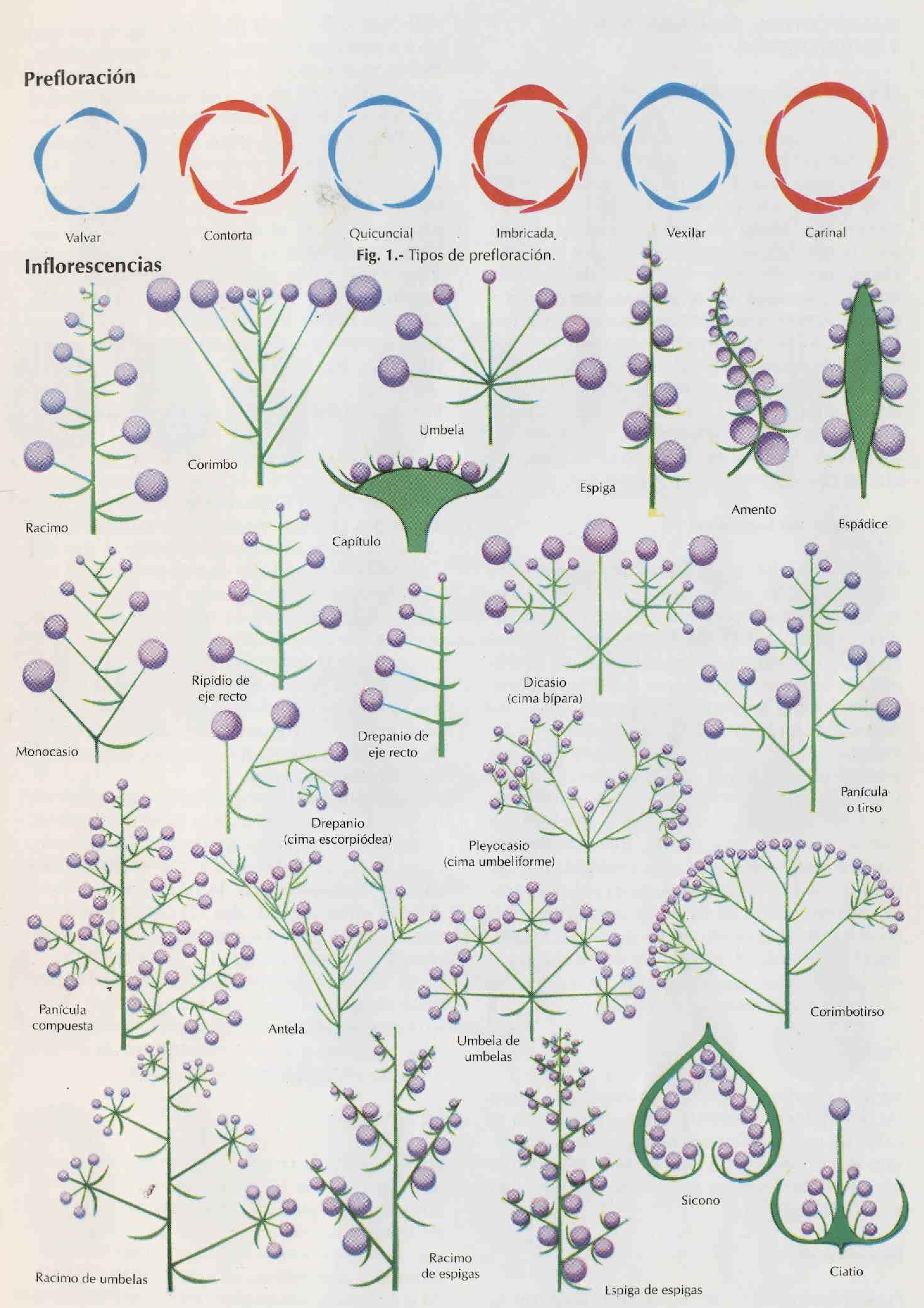


Fig. 1.- Tipos de prefloración.

Fig. 2.- Tipos de inflorescencias.

GAMETÓFITOS, FECUNDACIÓN Y EMBRIOGENIA

El gametófito masculino

Al tratar el grano de polen (lámina F/3) vimos que cada célula del arquesporio daba cuatro células polínicas. Estas células, por haber sufrido la reducción cromática, son haploides y toman el carácter de micrósporas. Al principio, la célula polínica es unicelular y uninucleada pero pronto se vuelve bicelular o pluricelular, aunque no se forman las membranas divisorias o desaparecen después de formarse. En las Angiospermas existen dos núcleos: el *núcleo vegetativo* (véase lám. F/4, fig. 6), último vestigio del protalo masculino de las Pteridófitas. y el *núcleo generativo,* que luego, como veremos más adelante, se divide en dos, los *núcleos espermáticos,* los cuales constituyen los *microgámetas.*

El gametófito femenino

La célula madre de las megásporas contenida en la nucela da por meyosis cuatro megásporas de las cuales germina una sola, desvaneciéndose las demás. La megáspora, homóloga a la macróspora de los helechos, se divide tres veces sucesivas y forma 8 núcleos, constituyendo una gran célula, llamada *saco embrional,* homóloga al protalo femenino de las Pteridófitas (íd., figura 6). Por lo tanto, el *saco embrional constituye el gametófito femenino y* el *rudimento seminal, el macrosporófito* de las Angiospermas. De los ocho núcleos en que se divide la megáspora, tres de ellos, la *oosfera y* otros dos llamados *sinérgidas,* se sitúan en el extremo más próximo al micrópilo, constituyendo el llamado *aparato ovular;* en el extremo opuesto están otras tres. las *antípodas, y* hacia el centro, las dos restantes o *núcleos polares,* que más tarde se reúnen en uno, el *núcleo secundario* (íd., fig. 7).

Polinización

Se llama polinización el *transporte del grano de polen desde la antera al estigma* o hasta el orificio micropilar en las Gimnospermas. Puede ser verificada por el aire *(anemógama),* por los insectos *(entomógama)* o por el agua *(hidrógama).*

Fecundación

Puesto en contacto el grano de polen con la superficie glandular del estigma, se produce la germinación de aquél. Ésta empieza formándose una hernia (lám. F/4, fig. 6) en uno de los poros germinativos del grano de polen, hernia que al alargarse forma el llamado *tubo polínico.* En él penetra el núcleo vegetativo que preside las funciones tróficas del tubo en su crecimiento a lo largo del tejido conductor del estilo, hasta ponerse en contacto con el saco embrional. Siguiéndole de cerca, también penetra en el tubo polínico el núcleo generativo, el cual se divide en dos núcleos espermáticos. El núcleo vegetativo se desvanece y los dos núcleos espermáticos penetran en el saco embrional, donde realizan una doble fecundación: el uno se une con la oosfera y el otro con el núcleo secundario (id., fig. 7).

Formación del embrión y del endosperma

Verificada la fecundación de la *oos*fera (óvulo) por uno de los núcleos espermáticos, se forma un zigoto (diploide) que pronto se divide en dos células, mediante un tabique transversal de dirección perpendicular al eje del rudimento seminal. De la más próxima al micrópilo se forma el llamado *suspensor* (véase lám. F/4, figura 8), y la otra, que inicia más tarde la división, da origen al embrión.
Después de la fecundación del núcleo secundario por el otro núcleo espermático, se forma otro zigoto (triploide), el cual, dividiéndose activamente y alimentándose de la nucela, da el tejido nutricio del embrión, llamado *albumen* o *endosperma.*
El embrión. — El embrión es el rudimento de la planta. Consta de cuatro partes: un tallito, el *hipocótilo,* una pequeña raíz, la *radícula,* cuyo ápice está dirigido hacia el micrópilo; una yemecita terminal, la *plúmula,* y de uno (Monocotiledóneas), dos (Dicotiledóneas) o más (Gimnospermas) *cotiledones* u *hojas primordiales* (lám. F/6 figs. 1 y 2). El embrión se nutre de endosperma, acumulándolo en los cotiledones, los cuales quedan así muy desarrollados y abultados; otras veces éstos son muy exiguos y el endosperma se acumula fuera de ellos (lámina F/6, fig. 2).

LA SEMILLA

Lo dicho anteriormente nos da una definición de la semilla de los Antófitos: es *el embrión en estado de vida latente, acompañado o no de tejido nutricio y protegido por el episperma.* Los tegumentos del rudimento seminal, primina y secundina, se transforman después de la fecundación en dos: *testa* y *endopleura,* respectivamente, que juntos constituyen el *episperma* o tegumento externo de la semilla.

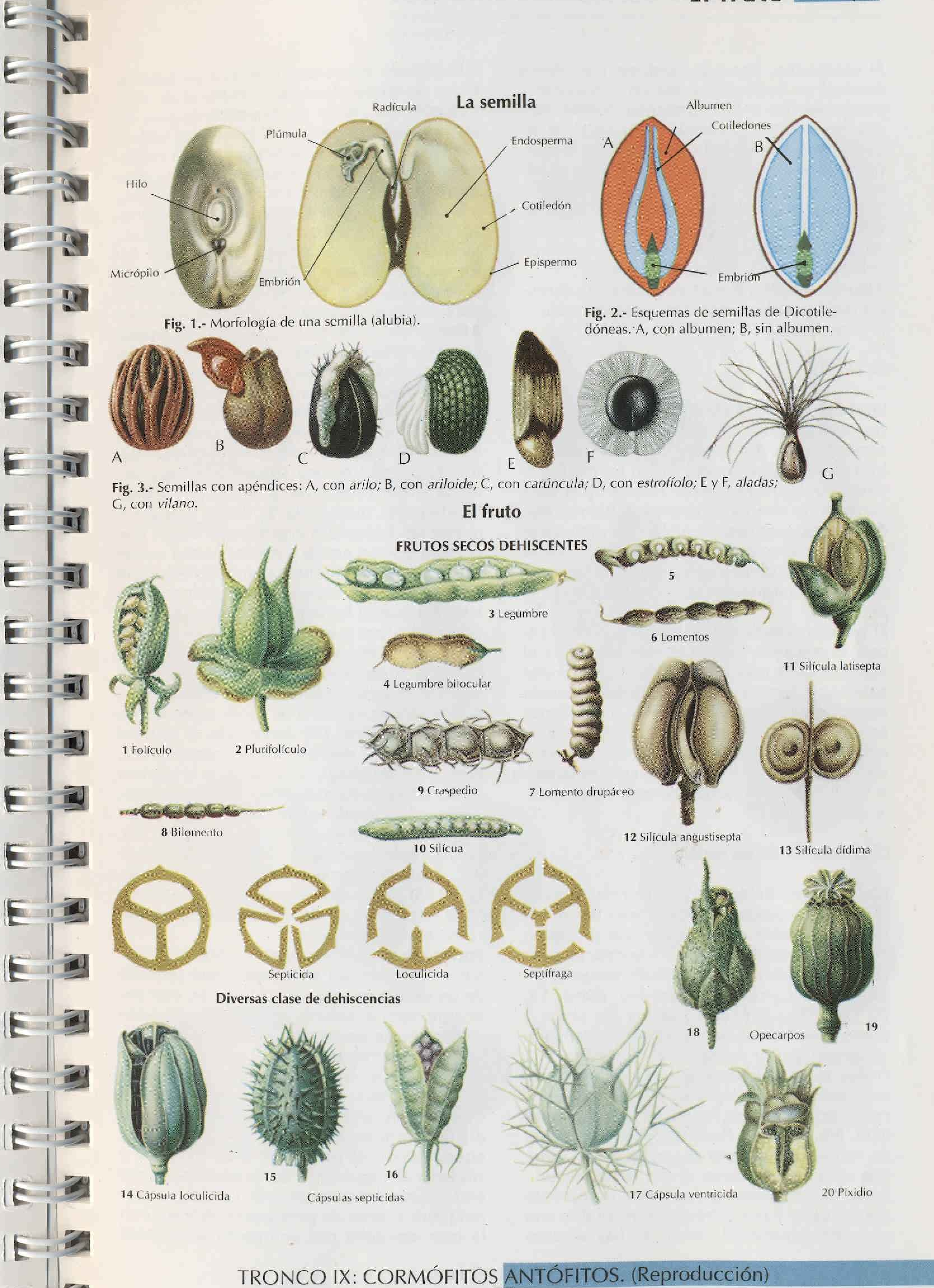


Fig. 1.- Morfología de una semilla (alubia).

Fig. 2.- Esquemas de semillas de Dicotiledóneas. A, con albumen; B, sin albumen.

Fig. 3.- Semillas con apéndices: A, con *arilo;* B, con *ariloide;* C, con *carúncula;* D, con *estrofíolo;* E y F, *aladas;* G, con *vilano.*

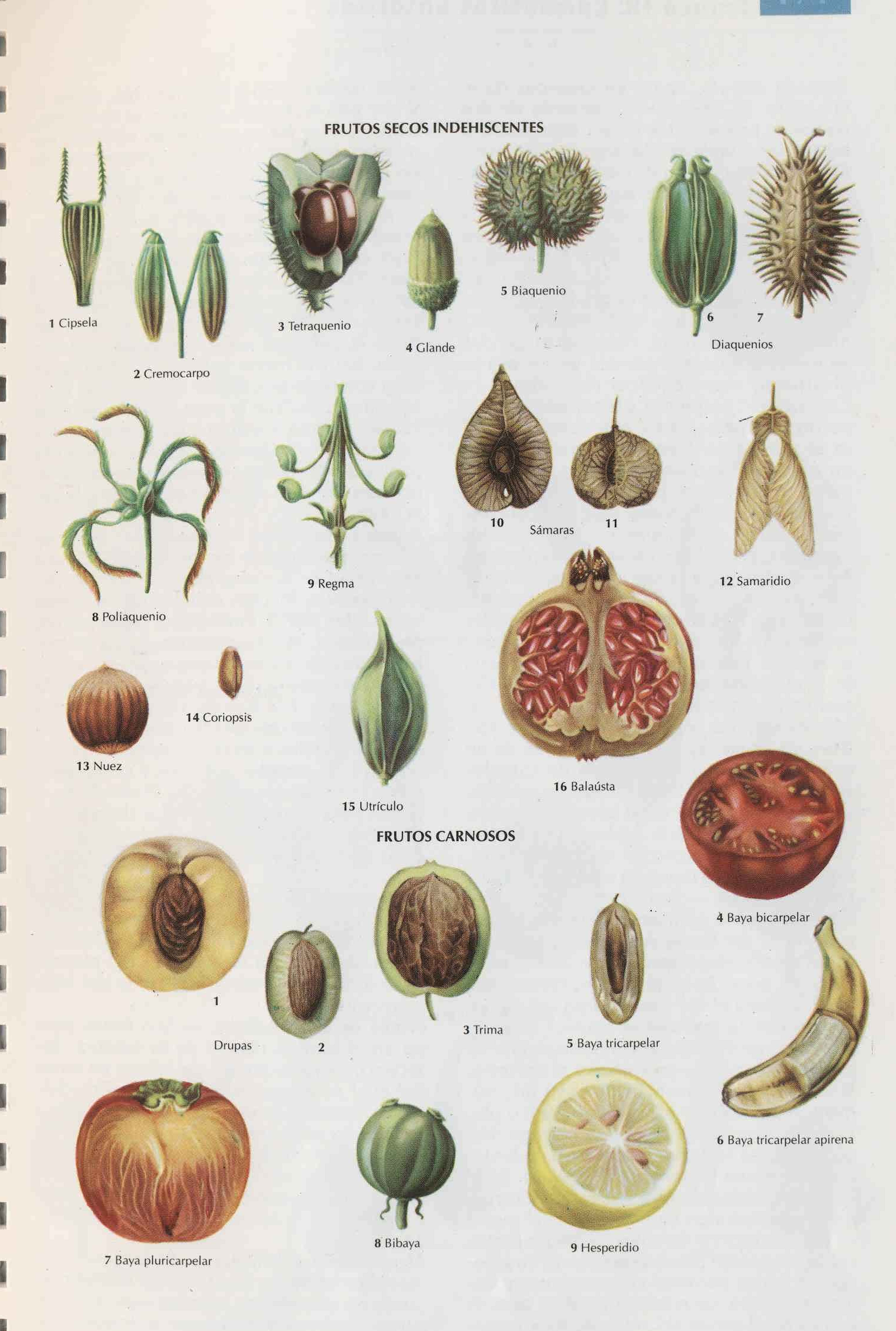
El episperma, llamado también *tegumento seminal,* se halla más o menos cutinizado y puede ser liso o bien presentar crestas, surcos, mamelones, etcétera. Otras veces el tegumento se desarrolla mucho más que su contenido, formando expansiones o *alas,* como las del pino (lám. F/6, fig. 3, E) y de la *Spergula* (id., F) o se desarrolla en forma de vilano, como la de *Vincetoxiculm officinale* (íd., G). En algunas especies está revestido de pelos, como en *Gossipium* (algodón).
Algunas semillas llevan excrecencias carnosas que las rodean más o menos extensamente (lám. F/6, fig. 3).

EL FRUTO

Según el concepto clásico, el fruto es el *ovario desarrollado, conteniendo la semilla ya formada.* Cuando después de la fecundación los rudimentos seminales sufren las modificaciones que anteriormente hemos visto para constituir la semilla, el ovario también se modifica profundamente, y ambos constituyen el fruto. La cubierta del ovario, formada por la hoja u hojas carpelares, persiste en el fruto más o menos modificada, constituyendo el *pericarpo.*
El pericarpo suele estar formado por dos capas: el *epicarpo,* que es la más externa, y el *endocarpo,* la más interna. En muchos frutos existe una tercera capa intermedia, llamada *mesocarpo.* Así, en el melocotón, cuya flor es unicarpelar, el epicarpo es la piel que se monda, el mesocarpo es la parte carnosa y jugosa que se come y el endocarpo es la parte central dura y rugosa, llamada vulgarmente «hueso».

Clasificación de los frutos

Los frutos se dividen en dos grandes categorías: los que proceden de una sola flor o *frutos propiamente dichos* y los que proceden de una inflorescencia, o *infructescencia,* pero con apariencia de un solo fruto, como el higo y la piña americana (lám F/8, núms. 19, 20 y 21). Los primeros pueden ser *secos o carnosos* y ambos *dehiscentes* o *indehicentes,* según que su pericarpo se abra o no.
Frutos secos dehiscentes. — Son: FOLÍCULO, fruto unicarpelar, con varias semillas, dehiscente por la sutura, como el de la peonia (lám. F/6, núm. 1). PLURIFOLÍCULO, compuesto de varios folículos por proceder de un gineceo apocárpico, como el del heléboro (id., núm. 2). LEGUMBRE, unicarpelar, dehiscente por la sutura y por el hacecillo medial, como en la habichuela (id., núm. 3); hay algunas que parecen *biloculares* debido a un falso tabique de origen placentario, como el de *Adenocarpus* (id., núm. 4), LOMENTO es una legumbre indehiscente, con ceñiduras tabicadas por las que se desarticula el fruto en llegando a la madurez, como en *Coronilla glauca* (íd., número 6) y en *Hippocrepis* (id., núm. 5); hay lometos con mesocarpo carnoso. LOMETO DRUPÁCEO, como en *Prosopis* (id., núm. 7). CRASPEDIO es otra variante del lomento, que así como éste se desarticula completamente, en el craspedio queda la armadura marginal adherida al pedicelo, como en *Mimosa* (id., núm. 9), SILICUA, fruto bicarpelar con placentación marginal y parietal, dehiscente por las placentas y comenzando por la base; con las semillas prendidas de un falso tabique o *replo,* como en *Cardamine* (id., núm. 10); a veces termina por una porción indehiscente muy desarrollada, llamada *rostro.* BILOMENTO es una silicua indehiscente, como en *Rhaphanus* (íd., número 8). Cuando la silícua es muy corta se llama SILICULA y puede ser *latisepta* o *angustisepta* según que el replo sea tan ancho o menos ancho que el fruto, respectivamente, como en *Alyssum* (íd., núm. 11) y *Lepidium* (íd., número 12); también puede hallarse la silicula divida en dos mericarpos y entonces recibe el nombre de *dídima* como en *Biscutella* (íd., núm 13). CÁPSULA, fruto pluricarpelar, sincárpico, que se abre longitudinalmente; la dehiscencia puede ser: *septicida,* si se verifica por los tabiques (íd., núm. 16); *loculicida,* si se abre por los nervios mediales de los carpelos (íd., núm. 14)*; septífraga,* si se verifica la ruptura de los tabiques paralelamente al eje del fruto; *ventricida,* cuando se verifica a lo largo de las placentas, como en *Nigella* (id., núm. 17). PIXIDIO, fruto capsular de dehiscencia por poros o agujeros, como en *Antirrhinum* (id., número 18) y *Papaver* (id., núm. 19). SACCEDO, fruto capsular con dehiscencia desgarrada, como en *Chenopodium.*
Frutos secos indehiscentes. — Son el AQUENIO y sus múltiples variedades, que procede de un ovario uni, bi o pluricarpelar, con pericarpo seco e indehiscente. NUEZ, aquenio generalmente unilocular y con una sola semilla con pericarpo leñoso, como en *Corylus* (núm. 13); si es muy pequeño se llama NÚCULA. CIPSELA, aquenio procedente de un ovario ínfero y de más de un carpelo, como en las Compuestas (núm. 1). CARIOPSIS, aquenio con el pericarpo muy delgado y soldado al tegumento de la semilla, como en las Gramíneas (núm. 14). GLANDE, aquenio pluricarpelar de pericarpo coriáceo, con la base envuelta por una pieza acrescente



llamada *cúpula,* como en Quercus (lám. F/7, núm. 4). DIAQUENIO, conjunto de dos aquenios procedentes de un ovario ínfero bicarpelar, como en *Bupleurum* (íd., núm. 6) y *Daucus carota* (id, núm. 7). TETRAQUENIO, conjunto de cuatro aquenios procedentes de un ovario bicarpelar, en el que cada carpelo ha formado dos aquenios, como en *Salvia berbenaca* (id, núm. 3). SÁMARA, aquenio procedente de un ovario monocarpelar, que presenta una expansión membranosa en forma de ala, como en *Ulmus* (id,, núm. 10). SAMARIDIO, compuesto de dos aquenios alados procedentes de un ovario bicarpelar, como en *Acer* (íd., núm. 12). CREMOCARPO, aquenio procedente de un ovario bicarpelar ínfero, que cuando maduro se descompone en dos, suspendidos de un carpóforo, como en *Carum carvi* (íd., núm. 2). BIAQUENIO, procedente de un ovario bicarpelar que da dos aquenios concrescentes, como en *Galium* (íd., núm. 5). POLIAQUENIO, procedente de un ovario pluricarpelar que da otros tantos aquenios, como el *Clematis* (íd., núm. 8). REGMA, procedente de un ovario de dos o más carpelos con los estilos soldados, que al llegar a la madurez se separan inferiormente del eje, junto con el correspondiente carpelo, como en el *Geranium* (íd., número 9). UTRÍCULO, fruto sincárpico con una sola semilla (íd., núm. 15). BALAÚSTA, fruto sincárpico procedente de un ovario ínfero, con dos estratos de carpelos superpuestos, y en cuya formación también interviene el tálamo floral acopado y soldado al ovario; se halla repleto de semillas con episperma jugoso; el del granado (íd, número 16), caso único en el reino vegetal.

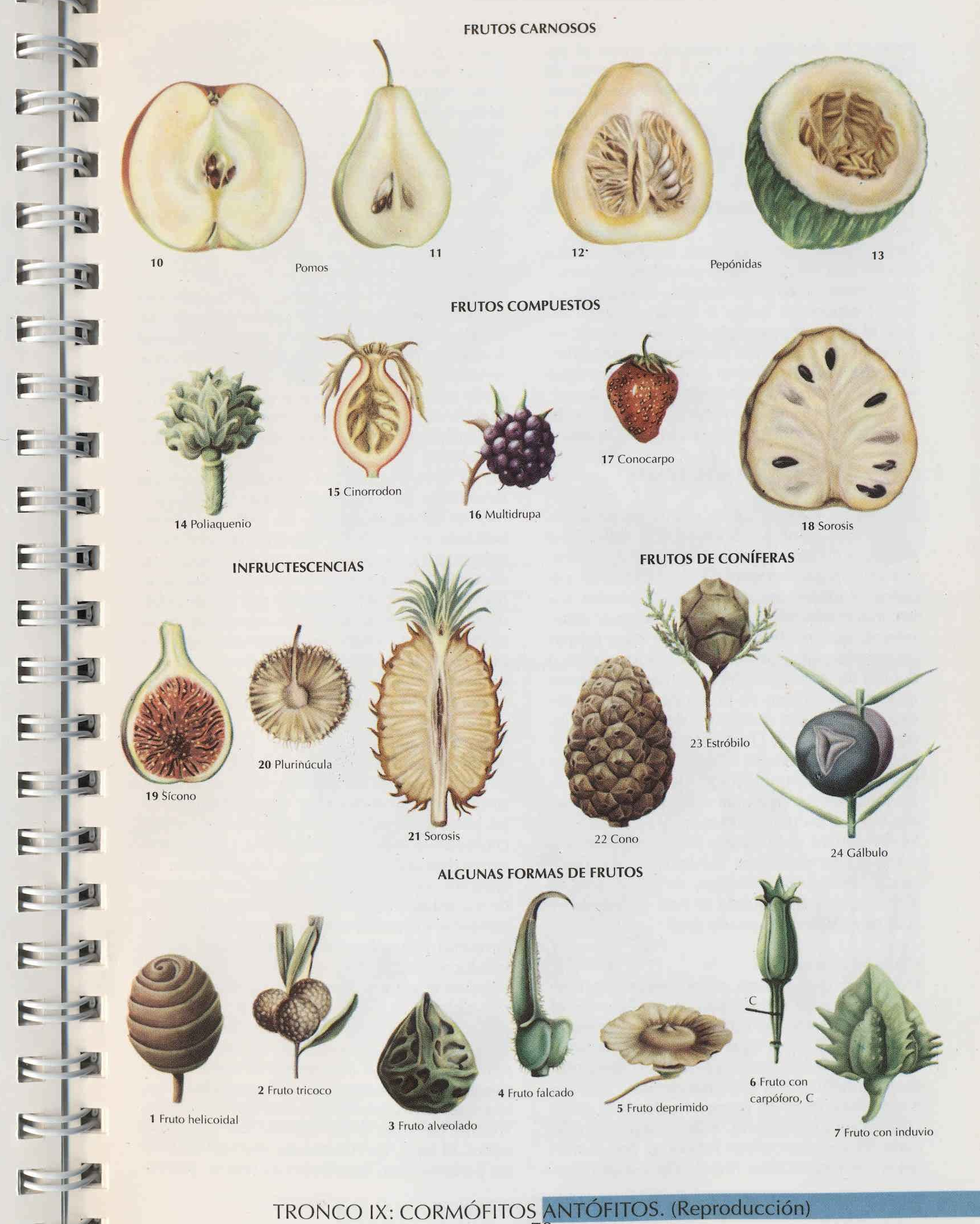
Frutos carnosos. — Son: DRUPA, fruto de mesocarpo carnoso con una sola semilla y procedente de un ovario súpero monocarpelar, como en el melocotonero (íd., núm. 1), en el olivo (íd. núm. 2), en el ciruelo, cerezo, etc. Si en la drupa el epi y mesocarpo son carnosos pero en la madurez se vuelven desjugados como en el nogal, o coriáceos, como en el almendro, o fibrosos, como en el cocotero, la drupa recibe el nombre de TRIMA (id., número 3) y puede ser bicarpelar (nogal) o pluricarpelar (cocotero). NUCULANIO es una drupa con varios huesos o con un hueso plurilocular, como en *Rhamnus* y *Sambucus.* BAYA, fruto procedente de un gineceo monocarpelar, con el epicarpo muy delgado y el mesocarpo y endocarpo carnosos, como en *Berberis;* pero también puede proceder de un gineceo de varios carpelos concrescentes y entonces recibirá los nombres de BAYA BICARPELAR, como el tomate (íd., núm 4), BAYA TRICARPELAR, como el dátil y la banana (íd., núms. 5 y 6) y BAYA PLURICARPELAR, como el caqui (íd., núm. 7). Hay bayas que toman nombres especiales, tales son: HESPERIDIO, procedente de un ovario súpero pluricarpelar y sincárpico, con el epicarpo delgado y rico en esencias, el mesocarpo esponjoso y el endocarpo membranoso y tapizado de pelos repletos de jugo, como el limón (id., número 9) y la naranja. PEPÓNIDA, procedente de un ovario ínfero de 3 a 5 carpelos, sincárpico, cuyas placentas muy desarrolladas llegan desde el eje hasta la pared carpelar, como la calabaza (núm. 12) y el melón (núm. 13). POMO es un fruto complejo procedente de un ovario ínfero y sincárpico, con la parte central, que es el verdadero fruto, coriácea y dividida en tantos compartimientos como carpelos. siendo la parte carnosa el tálamo enormemente desarrollado, como la manzana (núm. 10) y la pera (núm. 11).

Frutos compuestos. — Pueden ser designados con este nombre los procedentes de una sola flor y que se componen de varios carpelos diferentes; muchos de ellos ya los hemos visto, tales son la multidrupa, poliaquenio, plurifolículo, etc. CINORRODON es un seudofruto formado por un tálamo acopado, acrescido, que encierra varias núculas, como en la rosa (número 15). SOROSIS, cuando los frutos procedentes de una sola flor son concrescentes y recubiertos a modo de epicarpo por el conjunto de carpelos apiñados y coherentes, como la chirimoya (núm, 18). PLURINÚCULA o CONOCARPO, cuando el tálamo se desarrolla y se vuelve carnoso y jugoso, quedando las núculas en la periferia, como en la fresa (núm. 17).

Infructescencias. — Son las que proceden de varias flores de una inflorescencia, y siendo concrescentes forman una sola unidad carpológica. Tales son la PLURINÚCULA del plátano de sombra (núm. 20) y el SÍCONO del higo (número 19).

Frutos de las Coníferas. — Son frutos pero no en el sentido clásico de la palabra. ESTRÓBILO, formado por un eje leñoso en torno del cual se disponen, cíclico o helicoidalmente, brácteas protectoras que llevan en su interior escamas seminíferas, soportando de 1 a 9 rudimentos seminales (números 22, 23 y 24), llamándose CONO el de los pinos, y GÁLBULO si el estróbilo es esferoidal, carnoso e indehiscente, como el del enebro (núm. 24).

Algunas formas de frutos. — En la lámina damos algunas de las innumerables formas que puede adoptar el fruto. Llámase *induvias* a las partes floales persistentes que acompañan al



Tronco IX: Cormófitos antófitos. (Sistemática)

fruto y lo recubren o protegen, como el perianto en *Rumex* (núm. 7) y formaciones de naturaleza axial, como en las castañas. Cuando el tálamo se prolonga en un pedículo, se forma un *ginóforo* (llám. F/4, fig. 8), que trae en alto el gineceo; al formarse el fruto, forma el *carpóforo* (íd., núm. 6).

DIVISIÓN II. ANTÓFITOS

Fecundación fuera del agua, mediante dispositivo característico (tubo polínico). Gametófitos, masculinos y femeninos, insertados sobre el esporófito como si fueran órganos suyos. El embrión, provisto de materiales de reserva y de cubiertas protectoras (semilla), abandona el organismo materno y prosigue el crecimiento independientemente de aquél. Los antófitos se dividen en dos grupos o subdivisiones: *Gimnospermas* y *Angiospermas.*

SUBDIVISIÓN I. GIMNOSPERMAS

El aparato reproductor se compone unas veces de elementos frondiformes, pero casi siermpre de elementos escuamiformes, reunidos en espigas, en estróbilos o raramente aislados. Rudimentos seminales colocados sobre macrosporofilos, llamados *escamas seminíferas,* que no llegan a cerrase para formar un ovario: sacos polínicos situados sobre o debajo de microsporofilos, llamados *escamas poliníferas.* Granos de polen casi siempre aerodivagantes por medio de dos saquitos llenos de aire (fig. 3, D), que facilitan la diseminación. Tallo siempre leñoso, simple o, generalmente, con ramificación monopódica. Hojas persistentes, aciculares, laminares (pinnadas o no) o escuamiformes.
Se dividen en siete clases: *Cicadofilicinas, Cicadinas, Bennettitinas, Ginkgoinas, Cordaitinas, Coníferas y Gnetinas,* de las cuales la primera, tercera y quinta se han extinguido y sólo se conocen en estado fósil.

Clase 1.ª. Cicadinas
Plantas de tallo leñoso, cilíndrico o tuberiforme, raramente ramificado, que lleva en el ápice un rosetón de hojas dispuestas helicoidalmente (fig, 1). Hojas grandes, pinnadas o bipinnadas, con pínnulas lineales o lanceoladas, paralelinervias o pinnatinervias, con los nervios secundarios perpendiculares al principal. Raíz axonomorfa, más o menos ramificada. Flores masculinas formadas por numerosos microsporofilos (fig. 1, D), escuamiformes o peltados, dispuestas en cono o piña; flores femeninas formadas por cogollos de macrosporofilos con los macrosporangios marginales (fig. 1, B y C); fecundación por espermatozoides ciliados. Plantas dioicas.
En América está muy extendido el género *Zamia;* el género *Dioon* se encuentra en México, y el género *Cycas* vive en Asia, Madagascar, Australia y Polinesia. De muchas de estas especies se obtiene el «sagú»

Clase 2.ª. Ginkgoinas
Árboles de mediano porte, dioicos; los pies masculinos, de copa cónica alargada; los femeninos, de copa algo más redonda. Ramas formadas por brotes largos o *macroblastos,* renovados anualmente, de los que arrancan otros muy cortos de crecimiento limitado y que llevan un ramillete de hojas, llamados *braquiblastos.* Hojas largamente pecioladas, flabeladas, cuneiformes, escotadas o bipartidas. Flores situadas en la axila de las hojas terminales de los braquiblastos; las masculinas en amentos (fig. 2, B), con dos o tres brácteas en la base y constituidas por hojas estaminales, llevando dos sacos polínicos cada una; tubo polínico ramificado; flores femeninas (fig. 2, A), formadas por un largo pedúnculo simple o bifurcado, que lleva en su extremo dos rudimentos seminales ortótropos. Fruto algo parecido a una drupa.
Una sola especie, el *Ginkgo biloba,* espontánea solamente en el Extremo Oriente.

Clase 3.ª. Coníferas
Árboles o arbustos muy ramificados, casi siempre monopódicamente, más raramente, simpódicos; con macro y braquiblastos. Hojas pequeñas, escuamiformes, lineales o lanceoladas, a veces aciculares (fig. 3). Microsporofilos escuamiformes, dispuestos en amentos axilares, y en la base, un involucro de catafilos escuamiformes. Macrosporofilos también escuamiformes, dispuestos en un conjunto generalmente estrobiliforme, y con involucro de catafilos en la base. Por excepción, en el género *Taxus* los macrosporangios son aislados (fig. 4). Las escamas se vuelven coriáceas y leñosas después de la fecundación, así como el tegumento de las semillas, pero en el enebro *(Juniperus)* se vuelven carnosas, concrescentes y forman un gálbulo.
Las Coníferas se dividen en siete familias, siendo las más importantes: las *Taxáceas* (ejem. el tejo), las *Araucarias,* exclusivamente de Sudamérica, las *Pináceas* (ejem. pinos,

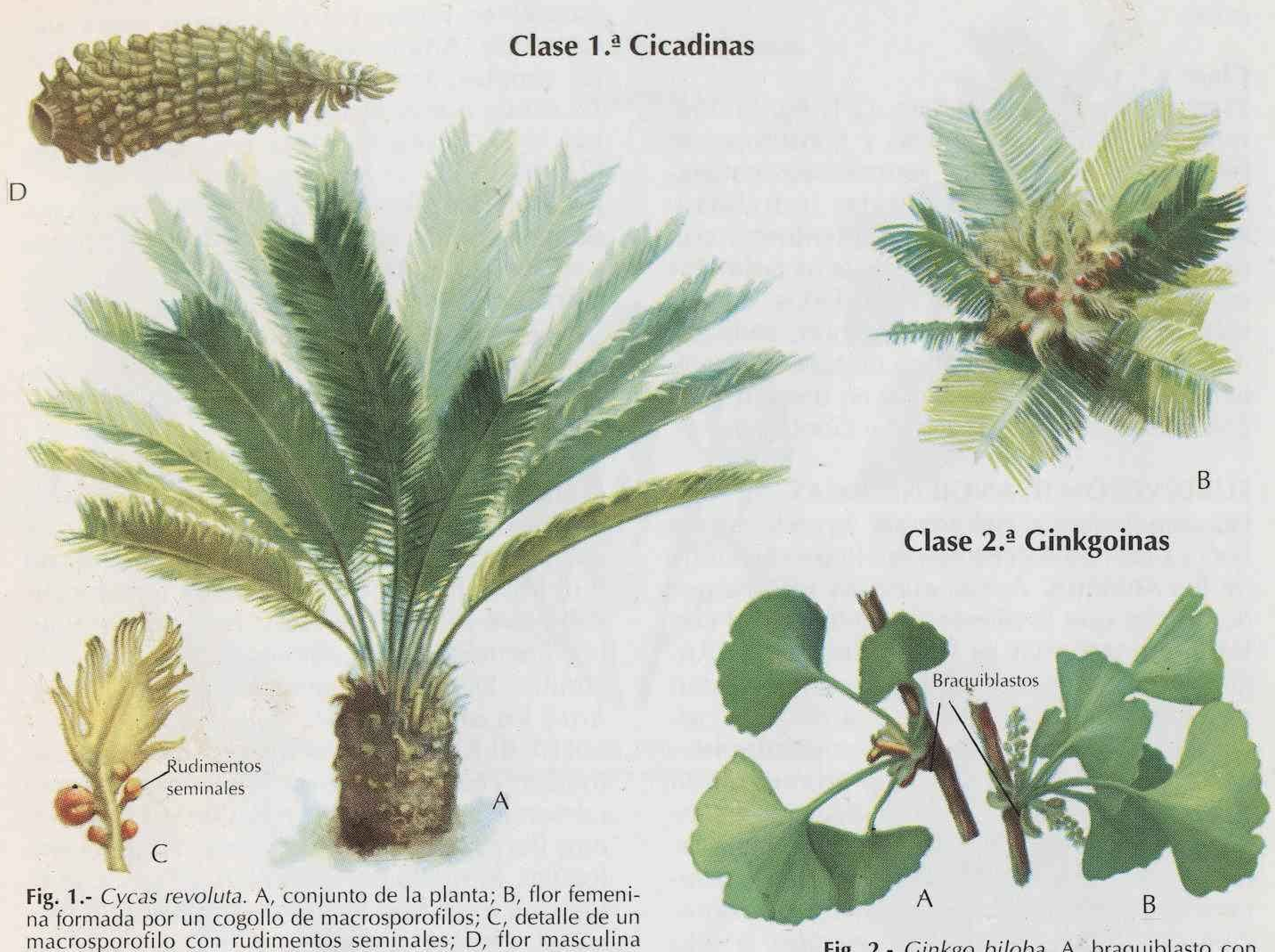


Fig. 1.- *Cycas revoluta.* A, conjunto de la planta; B, flor femenina formada por un cogollo de macrosporofilos; C, detalle de un macrosporofilo con rudimentos seminales; D, flor masculina formada por un cono de microsporofilos, que en su parte inferior llevan multitud de microsporangios.

Fig. 2.- *Ginkgo biloba.* A, braquiblasto con flores femeninas; B, braquiblasto con flores masculinas.

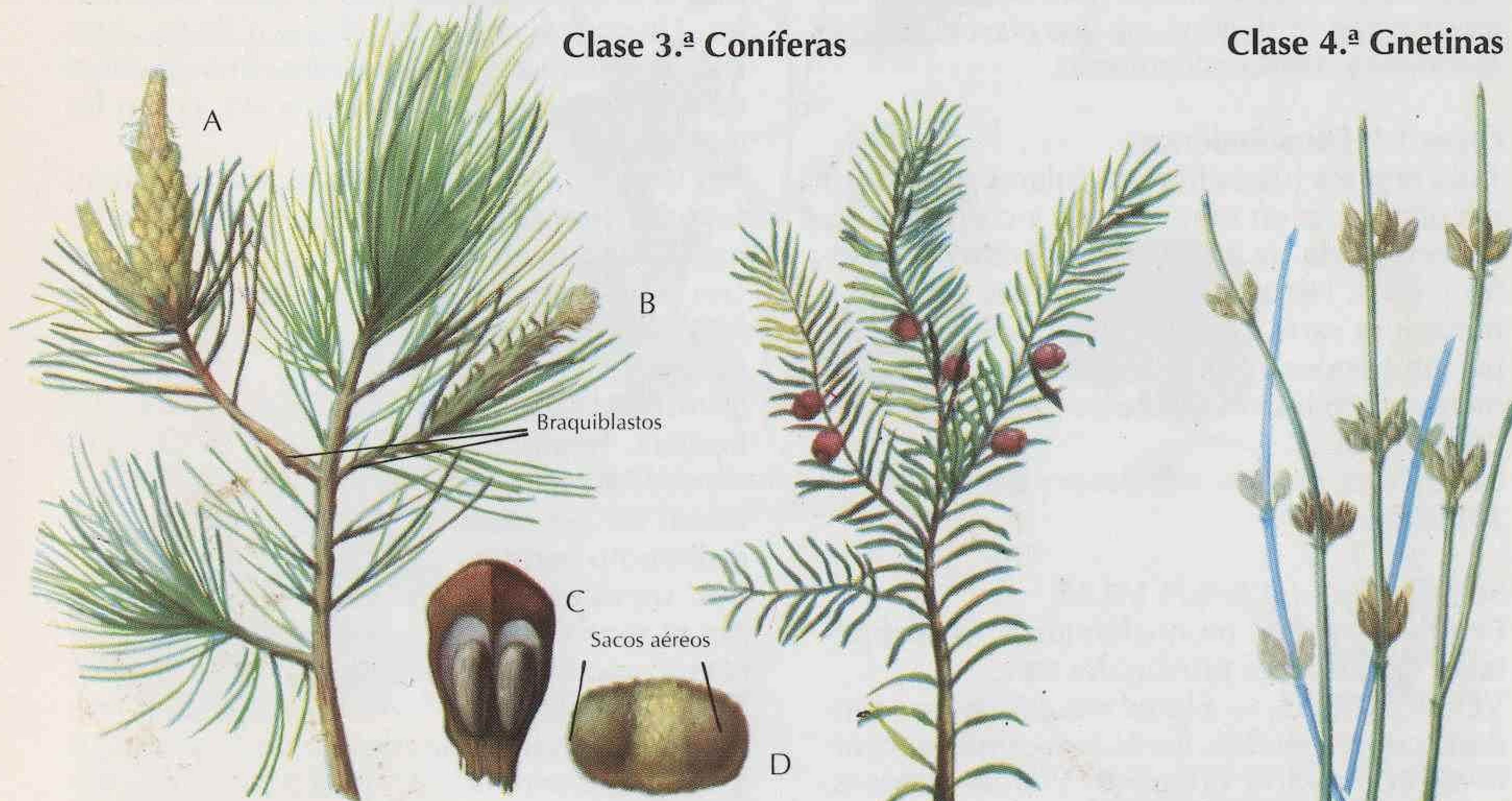


Fig. 3.- Pino silvestre *(Pinus silvestris).* En A, inflorescencia masculina; en B, inflorescencia femenina; en C, macrosporofilo con dos rudimentos seminales; en D, grano de polen aerodivagante.

Fig. 4.- Tejo común *(Taxus baccata).* Ramitas con semillas.

Fig. 5.- Belcho *(Ephedra distachya).* Inflorescencias femeninas.

abetos, cedros) y las *Cupresáceas* (ejem. ciprés).

Clase 4.ª. Gnetinas
Plantas de tallo simple (lám. G/1, fig. 5) o ramificado o muy ramificado y constituyendo bejucos, es decir, tallos sarmentosos encaramados a otros árboles. Hojas indivisas y opuestas. Microsporofilos filamentosos, con periantio bracteal y con 2 a 8 sacos polínicos en el ápice. Macrosporofilos aislados, con un solo rudimento seminal ortótropo, rodeado de un tegumento que forma un tubo micropílico. Las Gnetinas se dividen en tres familias: *Efedráceas, Welwitschiáceas y Gnetáceas.*

SUBDIVISIÓN II. ANGIOSPERMAS
Las características del aparato reproductor (la flor) ya las hemos visto en la «Reproducción» de los Antófitos. A esta cuestión sólo hemos de señalar que la diferencia fundamental con las Gimnospermas es la de que, en las Angiospermas, los rudimentos seminales están siempre situados dentro de una cavidad carpelar cerrada. Por lo demás, son plantas herbáceas o leñosas arbustivas o arbóreas, con el tallo generalmente con ramificaciones simpódicas. Hojas de forma y nervadura muy variadas, caducas o persistentes (plantas *caducifolias o perennifolias).* En cuanto a la duración de su vida, pueden ser: *anuales,* si sólo viven un año; *bienales,* si viven dos años, y *perennes,* si viven tres o más años. Las Angiospermas se dividen en dos clases: *Dicotiledóneas* y *Monocotiledóneas.*

Clase 1.ª. Dicotiledóneas
Tallo con los haces fibrovasculares dispuestos circularmente en torno del eje y con estructura secundaria de círculos concéntricos de leño y líber. Hojas con pecíolo casi siempre y nervadura varia, muy ramificada. Raíz principal preponderante, verticilos florales pentámeros o tetrámeros. Embrión provisto de dos cotiledones.
Se dividen en dos subclases: *Coripétalas* y *Simpétalas.*

SUBCLASE 1.ª. CORIPÉTALAS
Flores desnudas, monoclamídeas, o dialipétalas. Los órdenes principales son:
VERTICILADAS. — Flores masculinas monandras, con 2 pétalos; flores femeninas aclamídeas, con ovario bilocular. Plantas leñosas, monoicas, anemógamas. Una sola familia: CASUARINÁCEAS.
FAGALES — Flores generalmente unisexuales, de periantio bracteoide; las masculinas con tantos estambres como tépalos; las femeninas con ovario ínfero, de 2-6 carpelos concrescentes y con 1-2 rudimentos seminales cada uno. Árboles o arbustos monoicos; hojas simples; anemógamos. Dos familias: BETULÁCEAS, como el avellano (*Corylus avellana),* y FAGÁCEAS, como la encina y el roble (fig. 1).
JUGLANDALES. — Flores unisexuales, de periantio sencillo o desnudas; las masculinas con 2-40 estambres; las femeninas con 2 carpelos concrescentes; ovario ínfero, unilocular, con un solo rudimento seminal. Árboles leñosos, monoicos; hojas compuestas; anemógamos. Una sola familia: JUGANDÁCEAS, como el nogal *(Juglans regia).*
SALICALES. — Flores unisexuales desnudas; las masculinas de 2 a muchísimos estambres; las femeninas con 2 capelos concrescentes y ovario unilocular; placentación parietal y con muchos rudimentos seminales anátropos. Árboles o arbustos leñosos; hojas con estípulas; anemógamos o entomógamos. Una sola familia: SALICÁCEAS, como los chopos *(Populus)* y los sauces *(Salix)* .
URTICALES. — Flores unisexuales, actinomorfas, con perigonio de 2-6 tépalos, generalmente con 4; flores masculinas isostémonas; flores femeninas con ovario súpero, unilocular, formado por 1 carpelo o por 2 carpelos concrescentes; con un solo rudimento seminal. Plantas casi siempre leñosas, pero las hay herbáceas; hojas estipuladas; anemógamas o entomógamas. Tres familias principales: ULMÁCEAS, como los olmos *(Ulmus),* MORÁCEAS, como las higueras (fig. 2) y el árbol de Jack *(Artocarpus),* y URTICÁCEAS, como las ortigas *(Urtica).*
PROTEALES. — Flores unisexuales o hermafroditas, homoclamídeas, casi siempre tetrámeras; androceo isostémono, corolino, gineceo monocarpelar y ovario súpero. Plantas leñosas; entomógamas. Una sola familia: PROTEÁCEAS, como *Grevillea.*
SANTALALES. — Flores unisexuales o hermafroditas, homoclamídeas, raramente heteroclamídeas, casi siempre haplostémonas; gineceo de 1-3 carpelos y ovario ínfero, con 1 rudimento seminal por carpelo. Siete familias, siendo las principales: SANTALÁCEAS, como el sándalo *(Santalum album),* y LORANTÁCEAS, como el muérdago (figura 3).
POLIGONALES. — Flores unisexuales o hermafroditas, haploclamídeas o diclamídeas, y, a veces, heteroclamídeas; actinomorfas; androceo con 6-9 estambres; gineceo con 2-6 carpelos y otros tantos estilos, con ovario unilocular, súpero, y con un solo rudimento seminal. Plantas la mayoría herbáceas, algunas leñosas; hojas esparcidas, con estípulas

Clase 1.ª Dicotiledóneas

CORIPÉTALAS



Fig. 1.- Fagales (fam. Fagáceas): Roble *(Quercus robur).*



Fig. 2.- Urticales (fam. Moráceas): Higuera *(Ficus carica).*



Fig. 3.- Santales (fam. Lorantáceas): Muérdago *(Viscum album).*

Fig. 4.- Centrospermas (fam. Nictagináceas): Buganvilla *(Bougainvillea spectabilis).*



Fig. 5.- Opunciales (fam. cactáceas): Cacto *(Lobivia lateritia).*



Fig 6.- Ranales (fam. Ranunculáceas): Aguileña *(Aquilegia vulgaris).*



Fig. 7.- Ranales (fam. Ninfeáceas): Ninfa *(Nymphaea hybrida).*



Fig. 8.- Readales (fam. Papaveráceas): Amapola *(Papaver rhoeas).*

axilares concrescentes por ambos bordes, formando una pieza u *ócrea;* anemógamas o entomógamas. Una sola familia: POLIGONÁCEAS, como el ruibarbo *(Rheum).*

CENTROSPERMAS. — Flores unisexuales o hermafroditas, haploclamídeas o diclamídeas, homoclamídeas o heteroclamídeas; androceo con un número variable de estambres, desde 1 a muchos, pero generalmente isostémono; gineceo con un número variable de carpelos, ovario súpero o ínfero; rudimentos seminales con placentación central (es característica del grupo). Plantas generalmente herbáceas. Hojas sin estípulas. Once familias, siendo las más importantes: QUENOPODIÁCEAS, como la remolacha *(Beta)* y las espinacas *(Spinacia);* NICTAGINÁCEAS, como la bugambilla (lám. G/2, fig. 4) y dondiego *(Mirabilis jalapa);* AMARANTÁCEAS, como el moco de pavo *(Amarantus caudata),* MESEMBRIANTEMÁCEAS, como los géneros, *Lampranthus, Ruschia,* etc.

OPUNCIALES. — Flores hermafroditas, actinomorfas; piezas periánticas pasando insensiblemente de sépalos a pétalos; androceo de estambres numerosos; gineceo dc 4-8 carpelos concrescentes, con un solo estilo y formando un ovario unilocular; rudimentos seminales numerosos. Plantas de tallo suculento; afilas o casi afilas, de hojas efímeras. Una sola familia: CACTÁCEAS, como los géneros *Cereus, Lobivia* (íd. fig. 5), chumbera *(Opuntia).*

RANALES. — Flores diploclamídeas, heteroclamídeas y dialipétalas, helicoidales o cíclicas, actinomorfas o zigomorfas, epíginas o hipóginas; androceo con numerosos estambres; gineceo de 1 a muchos carpelos, generalmente libres. Comprende dieciocho familias, siendo las principales: RANUNCULÁCEAS, como la aguileña (íd. fig. 6); NINFÁCEAS, como las ninfas (íd. fig 7); MAGNOLIÁCEAS, como la magnolia *(Magnolia grandiflora) y* el anís estrellado *(Illicum verum); ANONÁCEAS,* como el chirimoyo *(Anona cherimolia);* MIRISTÁCEAS, como la nuez moscada *(Myristica fragans),* y LAURÁCEAS, como el laurel *(Laurus nobilis),* el aguacate *(Persea gratissima).*

ARISTOLOQUIALES. — Flores casi siempre hermafroditas, monoclamídeas o diploclamídeas, en este caso homoclamídeas; androceo de 6 a muchos estambres; ovario de 3 a muchos lóculos con placentación axial o unilocular con placentación parietal. Tres familias: ARISTOLOQUIÁCEAS, como las aristoloquias *(Aristolochia),* RAFFLESIÁCEAS, como la *Rafflesia arnoldii,* cuyas flores son las mayores que se conocen (casi 1 m de diám.) y las HIDNORÁCEAS, como las del género *Prosopanche.*

READALES. — Flores casi siempre hermafroditas, cíclicas; cáliz y corola bien diferenciados, con 2-4 piezas en cada verticilo, raramente con 5; estambres en igual número o mayor que los pétalos; gineceo de 2 o más carpelos concrescentes, ovario unilocular o dividido en compartimentos por falsos tabiques. Plantas generalmente herbáceas; hojas esparcidas, sin estípulas. Cinco familias, siendo las principales: CRUCÍFERAS, como las coles *(Brassica oleracea), la* coliflor *(B. o. brotytis),* el nabo *(B. napus),* el rábano *(Rhaphanus sativus),* los berros *(Nasturtium officinale),* y PAPAVERÁCEAS, como la amapola (íd., fig. 8).

PARIETALES. — Flores hermafroditas, helicocíclicas o cíclicas, heteroclamídeas, generalmente pentámeras; estambres indefínidos, carpelos también indefinidos; algunas veces pueden existir 3, concrescentes; placentación parietal. Orden extenso, que comprende treinta y una familias, las principales son: VIOLÁCEAS, como la violeta (figura 1), TEÁCEAS, como las camelias (figura 2), PASIFLORÁCEAS, como las pasionarias *(Passiflora),* CARICÁCEAS, como el papayo *(Carica papaya),* GUTÍFERAS, como el mangostán *(Garcinia mangostana),* el mamey *(Mammea americana)* y BEGONIÁCEAS, como las begonias *(Begonia).*

ROSALES. — Flores hermafroditas helicoidales o cíclicas, heteroclamídeas, actinomorfas o zigomorfas; androceo isostémono, diplostémono o polistémono; gineceo con 5 carpelos libres o concrescentes, a menudo sólo uno. Orden extenso, con dieciocho familias, las principales son: CRASULÁCEAS, como la siempreviva *(Sempervivum),* HAMMAMELIDÁCEAS, como el liquidambar *(Liquidambar styraciflua),* PITOSPORÁCEAS, como los pitosporos *(Pittosporum),* PLATANÁCEAS, como los plátanos de sombra *(Platanus),* ROSÁCEAS, como las rosas (fig 3), las fresas *(Fragaria),* el manzano *(Malus domestica),* el ciruelo, el cerezo, el albaricoque (todos del gén. *Prunus),* los perales *(Pirus),* el níspero *(Mespilus germánica),* etc., y las LEGUMINOSAS, como las mimosas *(Mimosa),* los guisantes (figura 4), las habas *(Vicia faba),* las habichuelas *(Phaseolus).*

MIRTIFLORAS. — Flores hermafroditas, cíclicas, heteroclamídeas; androceo haplostémono, diplostémono o con estambres numerosos; gineceo de varios carpelos soldados, ovario casi siempre ínfero. Plantas leñosas. Con veintitrés familias, las principales son: RIZOFORÁCEAS, como el mangle *(Rhizophora),* LECITIDÁCEAS, como la nuez del Brasil *(Bertholletia),* MIRTÁCEAS, como los eucaliptos *(Eucalyptus),* el mirto *(Myrtus communis),* el guayabo *(Psidium guayaba),* el granado *(Punica granatum),* y *Onoteráceas,* como las fucsias (lám. G/3 fig. 5).

CORIPÉTALAS

Fig. 1.- Parietales (fam. Violáceas): Violeta *(Viola odorata).*

Fig. 2.- Parietales (fam. Teáceas): Camelia *(Camelia japanica).*

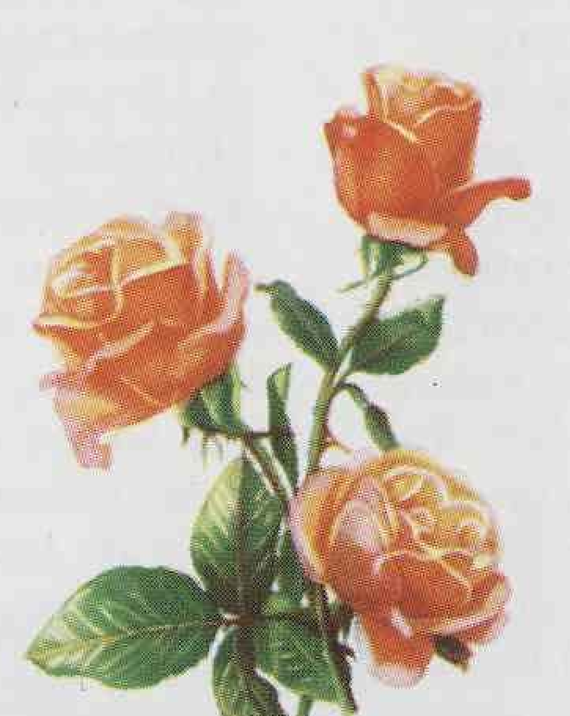
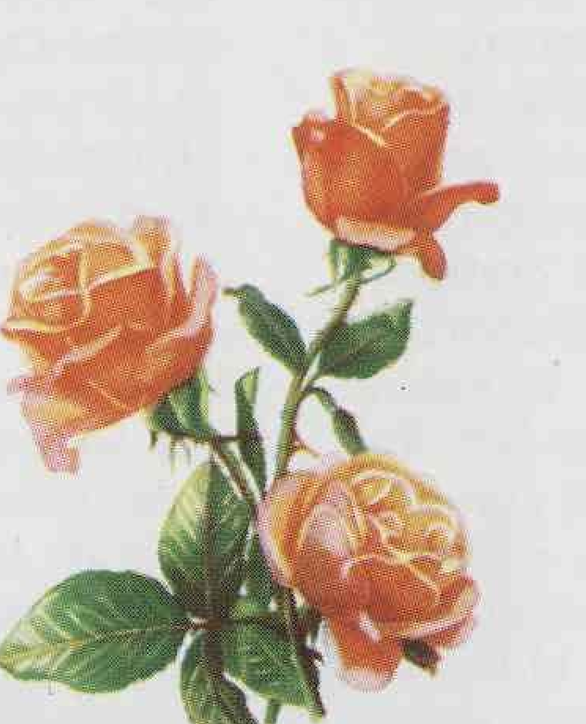



Fig. 3.- Rosales (fam. Rosáceas): Rosa *(Rosa centifolia).*



Fig. 4.- Rosales (fam. Leguminosas): Guisante de olor *(Lathyrus odoratus).*

Fig. 5.- Mirtifloras (fam. Onoteráceas): Fucsia *(Fuchsia hybrida).*

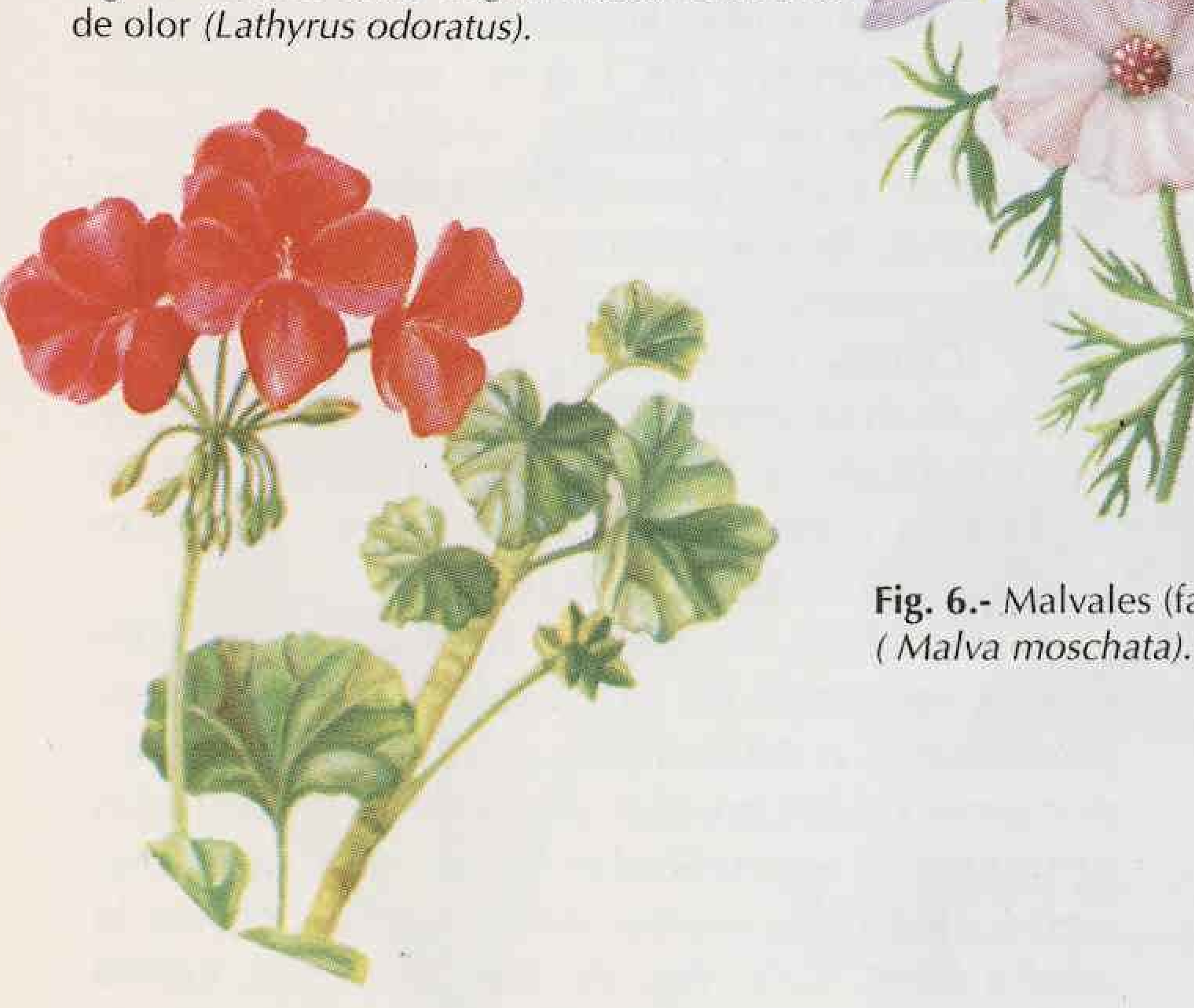


Fig. 6.- Malvales (fam. Malváceas): Malva *(Malva moschata).*



Fig. 7.- Geraniales (fam. Geraniáceas): Geranio *(Pelargonium zonale).*

Fig. 8.- Geraniales (fam. Rutáceas): Naranjo *(Citrus aurantium).*

MALVALES. — Flores generalmente hermafroditas, cíclicas, heteroclamídeas, actinomorfas, raramente zigomorfas, pentámeras; estambres en dos verticilos, el interno ramificado y soldado en varios o en un solo cuerpo; gineceo con 2 o muchos carpelos concrescentes. Plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas. Con siete familias, siendo las principales: MALVÁCEAS, como las malvas (íd., fig. 6), TILIÁCEAS, como los tilos *(Tilia)*, ESTERCULIÁCEAS, como el cacao *(Theobroma cacao)*.

GERANIALES. — Flores hermafroditas o unisexuales, cíclicas, heteroclamídeas, actinomorfas o zigomorfas, pentámeras generalmente, menos el gineceo, que se compone de 5 a 2 carpelos; rudimentos seminales de 1 a 2 por carpelo. Plantas arbóreas, arbustivas o herbáceas. Consta de veintiuna familias, siendo las principales: GERANIÁCEAS, como los geranios (íd., fig. 7), TROPEOLÁCEAS, como las capuchinas *(Tropaeolum)*, RUTÁCEAS, como la ruda *(Ruta)*, el naranjo (íd., fig. 8), el limonero *(Citrus limonum)*, el bergamoto *(C. bergamica)*, y EUFORBIÁCEAS, como el árbol del caucho *(Hevea brasiliensis)* y la mandioca *(Manihot)*.

SAPINDALES. — Coincide con el anterior, sólo difiere en la posición de los rudimentos seminales, que aquí son *apótropos*, es decir, cuando siendo anátropos, el funículo se ha doblado hacia la pared carpelar. Comprende veinticuatro familias, siendo las principales: BUXÁCEAS, como el boj *(Buxus)*, y AQUIFOLIÁCEAS, como el mate *(Ilex paraguariensis)*.

RAMNALES. — Flores hermafroditas, cíclicas, diploclamídeas, o apétalas (por aborto), con un solo verticilo estaminal alternando con los sépalos; de 2-5 carpelos concrescentes en un ovario; rudimentos seminales de 1-2 por carpelo. Comprende dos familias: RAMNÁCEAS, como el azufaifo *(Sizyphus)*, y VITÁCEAS, como la vid (fig. 1).

UMBELIFLORAS. — Flores hermafroditas, cíclicas, heteroclamídeas, haplostémonas, pentámeras o tetrámeras y generalmente actinomorfas; gineceo de 1-5 carpelos, frecuentemente sólo con 2, ovario ínfero; un solo rudimento seminal. Comprende tres familias: ARALIÁCEAS, como la hiedra *(Hedera helix)*, CORNÁCEAS, como las del género *Cornus*, y las UMBELÍFERAS, como el anís *(Pimpinella anisum)* y la zanahoria (fig. 2).

SUBCLASE 2.ª SIMPÉTALAS

Flores con periantio doble y gamopétalas. Sus órdenes principales son:

PLUMBAGINALES — Flores hermafroditas, haplostémonas, pentámeras y actinomorfas; corola a veces dialipétala; ovario monocarpelar y unilocular; un solo rudimento seminal. Una sola familia: PLUMBAGINÁCEAS, como las de los géneros *Armeria y Limonum*.

PRIMULALES. — Flores hermafroditas, haploclamídeas, generalmente pentámeras, actinomorfas, raramente zigomorfas; corola gamopétala; 5 estambres epipétalos, ovario unilocular súpero generalmente; de 1 a varios rudimentos seminales. Consta de tres familias: TEOFRASTÁCEAS, como el género *Clavija*, MIRSINÁCEAS, como el género *Ardisia*, y PRIMULÁCEAS, como las primaveras *(Primula)*.

ERICALES. — Flores hermafroditas, actinomorfas, pentámeras o tetrámeras; estambres epíginos o hipóginos casi nunca soldados a la corola; ovario con 2, 4 ó 5 carpelos concrescentes, formando otros tantos lóculos; de 1 a varios rudimentos seminales en cada lóculo. Consta de tres familias, cuya principal es la de las ERICÁCEAS, como los rododendros *(Rhododendron)*.

EBENALES — Flores hermafroditas, a menudo unisexuales, diplostémonas o triplostémonas, por aborto haplostémonas; estambres en número indefinido; corola gamopétala, ovario súpero o ínfero, plurilocular; uno o pocos rudimentos seminales en cada lóculo. Plantas arbóreas. Siete familias, siendo la más importante la de las SAPOTÁCEAS, como el caimito *(Chrysophyllum caimito)*.

TUBIFLORAS. — Flores hermafroditas, generalmente de corola tubulosa, pentámeras, zigomorfas, a veces actinomorfas; estambres en un solo verticilo, en número igual al de pétalos en las actinomorfas, y en número menor en las zigomorfas, y siempre soldados a la corola, gineceo de dos carpelos, formando un ovario bilocular súpero; rudimentos seminales en número de 1 o de varios por cavidad. Consta de veintidós familias; las principales son: CONVOLVULÁCEAS, como el boniato *(Ipomoea)*, BORAGINÁCEAS, como el heliotropo *(Heliotropum)*, VERBENÁCEAS, como la marialuisa *(Lippia citriodora)*, LABIADAS, como la salvia *(Salvia officinalis)*, el orégano *(Origanum vulgare)* y SOLANÁCEAS, como la patata *(Solanum tuberosum)*, la tomatera *(S. lycopersicum)* y el tabaco (figura 3).

CONTORTAS. — Flores hermafroditas, de corola *retorcida* en el capullo, actinomorfas, pentámeras o tetrámeras; androceo isostémono; gineceo bicarpelar y ovario súpero; hojas opuestas o verticiladas. Con seis familias, siendo las principales: APOCINÁCEAS, como la adelfa (lám. G/4, fig. 4), ASCLEPSIÁCEAS, como la flor del lagarto *(Stapelia variegata)*, y OLEÁCEAS, como el olivo (*Olea europæa*) y la lila (íd., fig. 5).

RUBIALES. — Flores hermafroditas, pentá-

CORIPÉTALAS




Fig. 1.- Ramnales (fam. Vitáceas): Vid (*Vitis vinifera*).



Fig. 2.- Umbelifloras (fam. Umbelíferas): Zanahoria *(Daucus carota)*.

SIMPÉTALAS

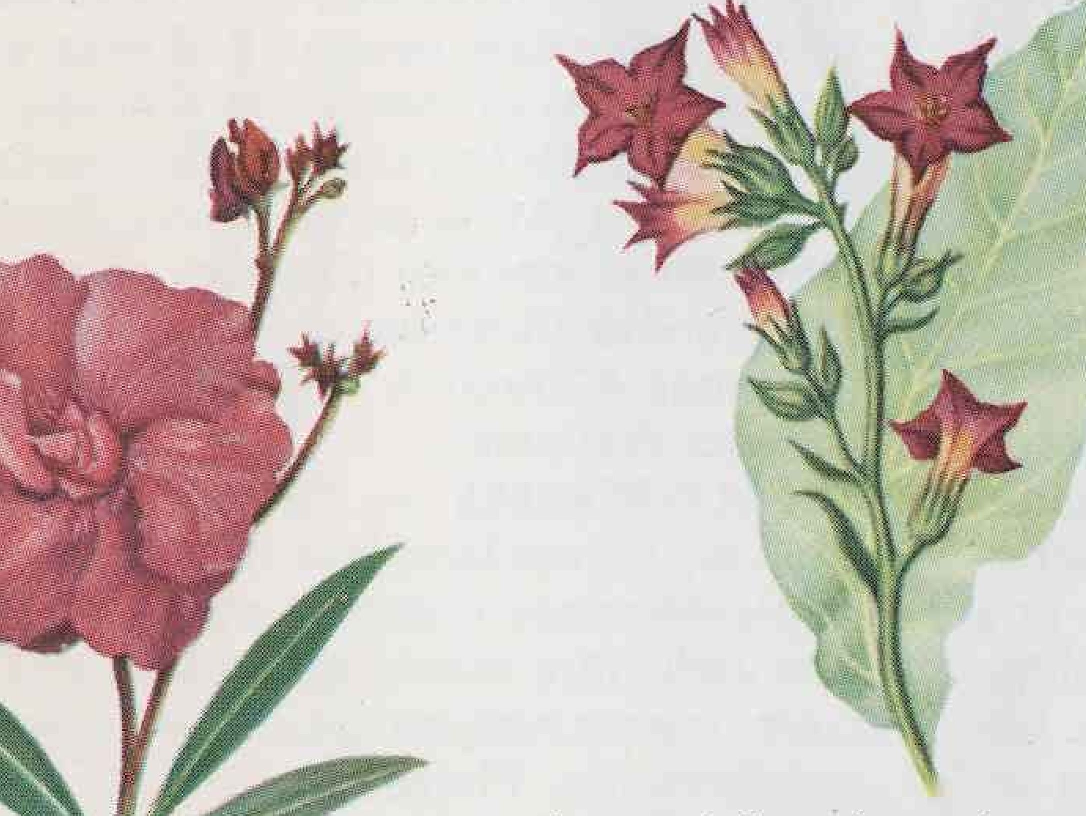


Fig. 3.- Tubifloras (fam. Solanáceas): Tabaco *(Nicotiana tabacum)*.



Fig. 4.- Contortas (fam. Apocináceas): Adelfa *(Nerium oleander)*.



Fig. 5.- Contortas (fam. Oleáceas)): Lila *(Syringa vulgaris)*.



Fig. 6.- Rubiales (fam. Caprifoliáceas): Madreselva *(Lonicera caprifolium)*.



Fig. 7.- Campanuladas (fam. Campanuláceas): Campanilla *(Campanula persicaefolia)*.



Fig. 8.- Campanuladas (fam. Compuestas): Margarita dorada *(Chrysanthemum segetum)*.

meras o tetrámeras, actinomorfas, raramente zigomorfas o asimétricas; un solo verticilo estaminal, con 4 o menos estambres, ovario uni o plurilocular, ínfero. Con cinco familias, siendo las principales: RUBIÁCEAS, como la gardenia *(Gardenia)*, el café *(Coffea arabica)* y CAPRIFOLIÁCEAS, como la madreselva (íd., fig. 6)

CUCURBITALES. — Flores hermafroditas, pentámeras; androceo isostémono, con estambres concrescentes de varia manera; ovario ínfero, generalmente tricarpelar y trilocular. Una sola familia: CUCURBITÁCEAS, como el melón *(Cucurbita melo)* y la calabaza *(C. pepo)*.

CAMPANULADAS. — Flores hermafroditas, actinomorfas o zigomorfas, casi siempre pentámeras; un solo verticilo estaminal, isostémono, anteras connivente o soldadas. con los filamentos libres; ovario de 2-5 carpelos, ínfero. Comprenden seis familias, siendo las más importantes: CAMPANULÁCEAS, como las campanillas *(Campanula)*, (íd., fig. 7) y las COMPUESTAS, como la margarita dorada (íd., fig. 8), el girasol *(Helianthus annuus)*.

Clase 2.ª. Monocotiledóneas

Tallo con los haces fibrovasculares esparcidos, generalmente sin crecimiento secundario. Hojas generalmente sin pecíolo, insertadas directamente al tallo, o mediante una vaina, con nervadura casi siempre paralela. Raíz principal de crecimiento limitado, naciendo a su alrededor otras adventicias o secundarias. Flores de tipo trímero.

Los principales órdenes son:

HELOBIALES. — Flores hermafroditas o unisexuales, diploclamídeas, homoclamídeas o diferenciadas en cáliz y corola; estambres uno solo o numerosos; carpelos también uno o varios, o muchos, libres o no, estilos libres, ovario súpero o ínfero. Plantas acuáticas o de terrenos húmedos. Con siete familias, la principal: ALISMATÁCEAS, como el llantén acuático *(Alisma)*.

LILIIFLORAS. — Flores hermafroditas, homoclamídeas o heteroclamídeas, pentacíclicas, actinomorfas: androceo con 6 estambres; ovario tricarpelar y trilocular. Plantas casi siempre herbáceas. Con nueve familias; las principales son: JUNCÁCEAS, como los juncos *(Juncus)*, LILIÁCEAS, como el tulipán (fig. 1), los ajos y las cebollas *(Allium)*, la yuca *(Yucca)*, los espárragos *(Asparagus)*, los jacintos *(Hyacinthus)*, AMARILIDÁCEAS, como los narcisos (fig. 2), IRIDÁCEAS, como el lirio cárdeno (fig. 3).

FARINOSAS. — Flores hermafroditas, cíclicas. homoclamídeas o heteroclamídeas, pentacíclicas, trímeras; estambres reducidos a un solo verticilo de tres o uno solo. Semillas feculentas. Trece familias, las más importantes son: BROMELIÁCEAS, como la piña americana *(Ananas comosus)*, y COMMELINÁCEAS, como la *Zebrina*.

GLUMIFLORAS. — Flores hermafroditas, raramente unisexuales, perianto reducido o nulo. Ovario súpero, unilocular; un solo rudimento seminal. Fruto no indehiscente. Plantas herbáceas. Dos familias: CIPERÁCEAS, como las chufas *(Cyperus sculentus)*, y GRAMÍNEAS, como la caña común *(Arundo donax)*, la caña de azúcar *(Saccharum officinarum)*, el arroz *(Oryza sativa)*, el trigo *(Triticum sativum)*, el maíz *(Zea mays)*, la avena lanosa (fig. 4).

ESCITAMÍNEAS. — Flores hermafroditas o unisexuales, cíclicas, zigomorfas o asimétricas; androceo reducido, a veces formado por un solo estambre; ovario tricarpelar, tri o unilocular. Hojas de nervadura pinnada. Cuatro familias: MUSÁCEAS, como la estrelitzia (fig. 5) y la banana *(Musa paradicíaca)*, ZINGIBERÁCEAS, como el jengibre *(Zingiber officinale)* y el cardamomo *(Ammomum)*, CANNÁCEAS, como las canas *(Canna)*, y MARANTÁCEAS, como el arrurruz *(Maranta)*.

MICROSPERMAS. — Flores hermafroditas, cíclicas, homoclamídeas o heteroclamídeas, displostémonas o con el número de estambres reducido; ovario tricarpelar, tri o unilocular, ínfero; rudimentos seminales en número indefinido. Plantas herbáceas. Dos familias: BURMANNIÁCEAS, cuyo género principal es *Burmannia*, de flores muy vistosas, y ORQUIDÁCEAS, como la cattleya (fig. 6), el cipripedio *(Cypripedium)* y la vainilla *(Vanilla planifolia)*.

PRINCESAS. — Flores unisexuales, homoclamídeas, actinomorfas y trímeras; androceo comúnmente con 6 estambres; gineceo tricarpelar y con un rudimento seminal cada uno. Plantas de tallo monopódico sin crecimiento en grosor, estipitiformes, hojas con nervadura palmeada o pinnada. Inflorescencias con una gran bráctea o *espádice*. Una sola familia: PALMÁCEAS, como el palmito (fig. 7), la palmera de dátiles *(Phoenix dactylífera)*, la macanilla *(Guilielma gasipaës)* y el cocotero *(Cocos nucifera)*.

ESPATIFLORAS. — Flores hermafroditas o unisexuales, cíclicas, haploclamídeas o diploclamídeas y homoclamídeas, o bien desnudas; androceo reducido, a veces, a un solo estambre; gineceo también reducido. Inflorescencias en espádice con una gran espata. Dos familias: ARÁCEAS, como los aros *(Arum)*, la piñanona *(Monstera deliciosa)*, y las LEM-

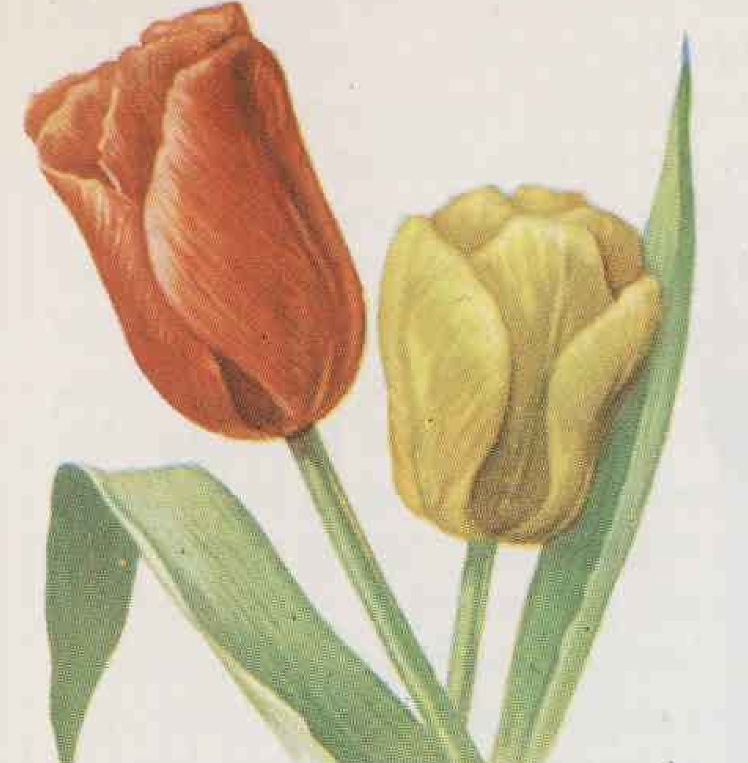

Fig. 1.- Liliifloras (fam. Liliáceas): Tulipán *(Tulipa)*.


Fig. 3.- Liliifloras (fam. Iridáceas): Lirio cárdeno *(Iris germanica)*.


Fig. 2.- Liliifloras (fam. Amarilidáceas): Narciso *(Narcissus poeticus y N. pseudonarcissus)*.


Fig. 4.- Glumifloras (fam. Gramíneas): Avena lanosa *(Holcus lanatus)*.


Fig. 5.- Escitamíneas (fam. Musáceas): Estrelitzia *(Strelitzia reginae)*.


Fig. 6.- Microspermas (fam. Orquidáceas): Cattleya *(Cattleya mossiae)*.

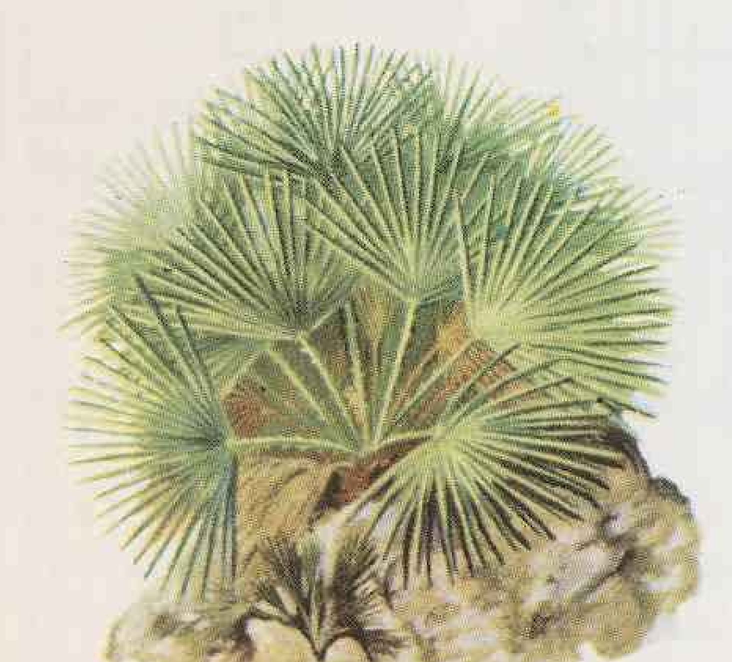

Fig. 7.- Princesas (fam. Palmáceas): Palmito *(Chamaerops humilis)*.


Fig. 8.- Pandanales (fam. Tifáceas): Anea *(Typha latifolia)*.

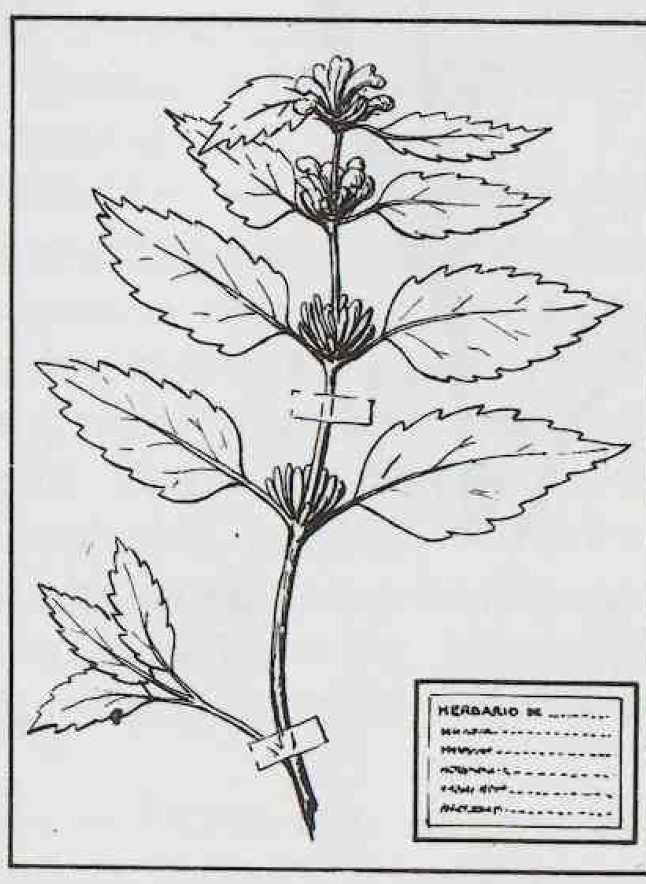
NÁCEAS, como la lenteja de agua *(Lemna).*
PANDANALES. — Flores unisexuales, desnudas o con parianto reducido, homoclamídeas o heteroclamídeas, en inflorescencias densas: androceo de 1 o muchos estambres; gineceo de 1 o muchos carpelos. Plantas arbóreas o herbáceas, con hojas lineales. Tres familias: TIFÁCEAS, como la anea (lám. G/5, fig. 8), PANDANÁCEAS, como los pandanos *(Pandanus),* y ESPARGANIÁCEAS, como el género *Sparganium,* de los países fríos.

* * *

ALGUNAS INSTRUCCIONES GENERALES PARA LA HERBORIZACIÓN Y FORMACIÓN DE UN HERBARIO

Herborización. — La salida al campo para la recolección de plantas destinadas al estudio es uno de los pasatiempos más útiles y agradables. El equipo es sencillo: indumentaria propia de todo excursionista, un pequeño zapapico, unas tijeras de podar, un cortaplumas de varias piezas (tijeras, punzones), una carpeta de 30X40 cm que contenga una o dos docenas de pliegos o camisas de papel secante gris o de un buen papel de estraza, algunos sobres y un pequeño bloc de notas.
Las plantas hay que arrancarlas con la raíz mediante el zapapico, y antes de ponerlas en los papeles de la carpeta sacudirlas suavemente para quitar la tierra adherida. Junto con la planta se pondrá dentro de la camisa una nota indicando las características del lugar de la recolección (altura, bosque, pradera o yermo, naturaleza del terreno, etc.) Si al arrancar la planta se desprenden los frutos o las semillas, se guardarán en un sobre, en el que se indicará a qué planta corresponde.

Preparación de la planta para el herbario. — Las flores hay que estudiarlas en estado fresco, por lo que se recogerán unas cuantas, así como los frutos y otros órganos interesantes de cada planta, los cuales se pondrán en frascos con alcohol de 70° para su ulterior observación.
Cada planta recogida se pone dentro de un pliego o camisa de papel secante, procurando extender las hojas y flores, pero sin forzar la tendencia natural de la planta. Luego se colocará este pliego entre 12 hojas (6 encima y 6 debajo) de papel secante; después, se procede del mismo modo con una segunda, una tercera y así sucesivamente hasta haber preparado todas las plantas recolectadas. Luego se apilan todas las hojas y pliegos, colocando el todo entre dos tablas de madera, cargando la superior con un gran peso (piedras, libros). Hay que cambiar las hojas de papel y las camisas una vez por día durante quince o veinte días, al término de los cuales puede ya trasladarse la planta al herbario. Algunas flores al marchitarse pierden su color o se ennegrecen, como ocurre con las orquídeas, por lo que después de tenerlas 4 o 5 horas prensadas, se sacan y se colocan sobre un lecho de arena finísima contenida en una cubeta de las de ir al horno, en la que se ha calentado a 100°. Se cubre luego mediante una pala de madera, de otra capa de arena calentada también a 100°, sobre la que se pondrá una tabla cargada de peso y se procurará mantener el todo a una temperatura constante de 65° durante unas 6 horas como mínimo, pasadas las cuales puede ponerse en el herbario.



El herbario. — Para formarlo se monta cada planta ya desecada sobre una hoja de papel de estraza, fijando aquélla con cinta adhesiva. En la parte inferior derecha se pega una etiqueta, en la que constará el nombre y la familia de la planta, el lugar y la fecha de su recolección.
El herbario es atacado por los insectos. Para evitarlo se sumerge cada planta algunos minutos en una solución al 4 % de sublimado corrosivo en alcohol de 90°. Mucho cuidado con el sublimado, pues es muy tóxico.

CUADRO DE MATERIAS E ÍNDICE

MATERIAS

LA CÉLULA VEGETAL
El citoplasma. A/1
Los plastidios. Los cloroplastos. A/2
Los cloroplastos. Inclusiones del citoplasma.A/3
El núcleo. Los cromosomas....A/4
La membrana celular. A/5

TRONCO I: ESQUIZÓFITOS
Clase 1.ª Esquizofíceas....B/1
Clase 2.ª Esquizomicetes....B/2
Esquizomicetes. B/3
Grupos de filiación incierta....B/4

TRONCO II: MONADÓFITOS
Division I. Flageladas. Division II. Crisofíceas. Division III. Dinoflageladas. Division IV. Silicoflageladas. Division V. Heterocontas. B/5

TRONCO III: MIXÓFITOS
División única. Mixomicetes.
Clase 1ª. Mixogastras. Clase 2ª. Acrasiales.B/6

TRONCO IV: CONYUGADÓFITOS
División única. Conyugadas....B/7

TRONCO V: BACILARIÓFITOS
Clase 1ª. Céntricas. Clase 2ª. Pennales....B/8

TRONCO VI: FEÓFITOS....C/1
División única. Feofíceas o algas pardas..C/1

TRONCO VII: RODÓFITOS
División única. Rodofíceas o algas rojas.
Clase 1ª. Bangiales. Clase 2ª.Florídeas....C/2

TRONCO VIII: EUTALÓFITOS
División I. Clorofíceas o algas verdes.
Clase 1ª. Protototococales. Clase 2ª. Ulotricales....C/3
Clase 3ª. Sifonocladales. Clase 4ª. Sifonales.
División II. Carófitos....C/4
División III. Eumicetes u hongos. Clase 1ª. Ficomicetes. Clase 2ª. Ascomicetes....C/5
Clase 3ª. Basidiomicetes....C/6
Clase 4ª. Líquenes....C/7

TRONCO IX: CORMÓFITOS
Histología y Organografía. La yema. El tallo.D/1
Anatomía del tallo....D/2
Morfología del tallo....D/3
La raíz. Anatomía y morfología....D/4
La hoja. Anatomía y morfología....D/5
Modificaciones de las hojas....D/6

TRONCO IX: CORMÓFITOS ARQUEGONIADOS
División I. Arquegoniados. Subdivisión I. Briófitas. Clase 1ª. Musgos. Clase 2ª. Hepáticas....E/1
Subdivisión II. Pteridófitas. Clase 1ª. Licopodinas. Clase 2ª. Isoteínas. Clase 3ª. Psilotinas....E/2
Clase 4ª. Articuladas. Clase 5ª. Filicinas o helechos....E/3

TRONCO IX: CORMÓFITOS ANTÓFITOS....F/1
Reproducción. Partes de la flor. F/1
Partes de la flor. F/2
Partes de la flor. F/3
Partes de la flor. F/4
Inflorescencias. F/5
Gametófitos, fecundación y embriogenia.
La semilla....F/6
El fruto....F/7
El fruto....F/8
División II. Antófitos. Subdivisión I. Gimnospermas. Case 1ª. Cicladinas.
Clase 2ª. Ginkgoinas. Clase 3ª. Coníferas..G/1
Clase 4ª Gnetinas. Subdivisión II. Angiospermas. Clase 1.ª Dicotiledóneas..G/2
Dicotiledóneas. G/3
Dicotiledóneas. G/4
Clase 2.ª Monocotiledóneas. G/5
Algunas instrucciones generales para la herborización y formación de un herbario....pág. 90



LA CÉLULA VEGETAL

A/1 .— El citoplasma.
A/2 .— Los plastidios.
A/3 .— Los cloroplastos.
A/4 .— El núcleo.
A/5 .— La membrana celular.

TRONCO I: ESQUIZÓFITOS

B/1 .— Clase 1.ª Esquizofíceas.
B/2 .— Clase 2.ª Esquizomicetes.
B/3 .— Esquizomicetes.
B/4 .— Esquizomicetes y grupos de filiación incierta.

TRONCO II: MONADÓFITOS

B/5 .— Divisiones:
I, Flageladas.
II, Crisofíceas.
III, Dinoflageladas.
IV, Silicoflageladas.
V, Heterocontas.

TRONCO III: MIXÓFITOS

B/6 .— División única. Mixomicetes.

TRONCO IV: CONYUGADÓFITOS

B/7 .— División única. Conyugadas.

TRONCO V: BACILARIÓFITOS

B/8 .— División única. Bacilariófitas.

TRONCO VI: FEÓFITOS

C/1 .— El talo.
División única. Feofíceas.

TRONCO VII: RODÓFITOS

C/2 .— División única. Rodofíceas.

TRONCO VIII: EUTALÓFITOS

C/3 .— División I. Clorofíceas.
C/4 .— Clorofíceas y División II: Carófitos.
C/5 .— División III. Eumicetes.
C/6 .— Eumicetes.
C/7 .— Líquenes.

TRONCO IX: CORMÓFITOS

D/1 .— El cormo. - La yema. - El tallo.
D/2 .— El tallo. - Estructura.
D/3 .— El tallo. - Clases de tallos.
D/4 .— La raíz.
D/5 .— La hoja.
D/6 .— La hoja.

CORMÓFITOS ARQUEGONIADOS

E/1 .— Subdivisión I. Briófitas.
E/2 .— Subdivisión II. Pteridófitas.
E/3 .— Pteridófitas.

CORMÓFITOS ANTÓFITOS. REPRODUCCIÓN

F/1 .— La flor.
F/2 .— El cáliz y la corola.
F/3 .— El androceo.
F/4 .— El gineceo.
F/5 .— Inflorescencias.
F/6 .— Fecundación y embriogenia.
F/7 .— El embrión. - La semilla. - El fruto.
F/8 .— El fruto.

CORMÓFITOS ANTÓFITOS. SISTEMÁTICA

G/1 .— Subdivisión I. Gimnospermas.
G/2 .— Subdivisión II. Angiospermas. Clase 1.ª Dicotiledóneas.
G/3 .— Dicotiledóneas.
G/4 .— Dicotiledóneas.
G/5 .— Clase 2.ª Monocotiledóneas.